



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DE MESTRADO PROFISSIONAL

EM ENSINO DE FÍSICA

MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA AULAS EXPERIMENTAIS VOLTADAS  
AO ENSINO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS.**

**André Chaul Gonçalves**

Professora Orientadora:  
Dr<sup>a</sup> Adriana Pereira Ibaldo

**BRASILIA –DF**

**2018**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus.

A minha esposa Fernanda Berg e minha filha Maria Rita que acompanharam todo este processo, por todo apoio, carinho e compreensão.

Ao meu pai Marco Aurélio e minha mãe Sandra Maria por me incentivarem e me apoiarem sendo responsáveis pela minha educação e formação pessoal.

Aos professores (as) do Instituto de Física da UnB,

A orientadora Adriana Pereira Ibaldo pela valiosa contribuição no percurso deste projeto.

Aos colegas de turma pela troca de experiências

Em especial ao colega e professor José Alex, que foi um verdadeiro parceiro nesta jornada.

Aos colegas professores, coordenadores e diretores do colégio La Salle de Águas Claras, pela compreensão.

Aos alunos pela colaboração na implementação do projeto.

A CAPES pelo auxílio financeiro.

Todos foram de extrema importância no processo de realização desse projeto.

“Viver é enfrentar um problema atrás do outro. O modo como você o encara é que faz a diferença.”  
(Benjamin Franklin)

## SUMÁRIO

SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA AULAS EXPERIMENTAIS VOLTADAS AO ENSINO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS. ....	153
CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO .....	157
CAPÍTULO 2 – OBJETIVOS E PROPOSTA DO TRABALHO .....	158
2.1 - Proposta do trabalho .....	158
2.2 - Objetivo .....	158
CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA E PRODUTO .....	160
3.1 – PRODUTO EDUCACIONAL.....	161
Aplicação do pré-teste 1 .....	162
AULA 01 – Corrente elétrica.....	162
AULA 02 - Experimento sobre Condutores e Isolantes .....	165
AULA 03 – Efeitos da Corrente Elétrica.....	170
AULA 04 - Leis de Ohm e resistores elétricos .....	179
Aplicação do segundo pré-teste 02 .....	180
AULA 05 - Associação de Resistores.....	181
AULA 06 – Medidas elétricas de corrente e tensão em circuitos resistivos.....	181
AULA 07 - Instalação de lâmpadas e múltiplos sistemas acionadores (interruptores) – análise prática da resistência elétrica e das associações de resistores. ....	183
SISTEMA 01 - LIGAÇÃO COM INTERRUPTOR SIMPLES .....	188
AULA 08 – Associação de resistores em paralelo .....	190
SISTEMA 02 - LIGAÇÃO EM PARALELO .....	190
AULA 09 – Associação de resistores em série.....	191
SISTEMA 03 - LIGAÇÃO EM SÉRIE.....	191
AULA 10 – Sistema de acionamento por mais de um ponto e acionamento automático (sensor LRD - fotocélula).....	193
SISTEMA 04 - LIGAÇÃO COM INTERRUPTORES THREE-WAY.....	193
SISTEMA 05 - LIGAÇÃO COM INTERRUPTOR INTERMEDIÁRIO.....	194
SISTEMA 06 - LIGAÇÃO COM INTERRUPTOR FOTOSSENSÍVEL.....	196
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	198
ANEXOS .....	199
ANEXO I - PRÉ-TESTE – 01 .....	199
ANEXO II - PRÉ-TESTE – 02.....	201
ANEXO III - PÓS-TESTE .....	203

## **CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO**

A utilização de experimentos em aulas de circuitos elétricos no ensino de eletrodinâmica consiste em uma ferramenta importante e eficaz de ensino. Quando elaborados visando à aprendizagem de conteúdos, um experimento tem potencial para tornar-se uma importante e eficaz ferramenta de aprendizagem, apresentando grande capacidade para despertar o interesse dos alunos pelo conteúdo que se deseja ministrar, principalmente porque abordam esses conceitos dentro de um ambiente prático e lúdico, propício a uma melhor aprendizagem, auxiliando desta maneira as aulas teóricas e a assimilação de conteúdo por parte dos estudantes.

O produto educacional proposto nesta dissertação busca um resgate das aulas experimentais, investigando a sua importância como ferramenta no ensino e aprendizagem da física no ensino médio, na análise de circuitos elétricos resistivos. A proposta sugerida no presente trabalho utiliza não apenas aulas expositivas e laboratoriais e instrumentos de laboratório controlados, mas também as experiências mais simples, focando mais na busca de conceitos e análise de fenômenos por meio de sistemas de baixo custo, mostrando a física em sua aplicação cotidiana, analisando desta maneira seu potencial na aprendizagem dos conteúdos de eletrodinâmica.

Este produto educacional e a sequência didática sugerida servem como uma orientação para os docentes que desejarem aplica-lo em suas aulas. As aulas sugeridas devem ser adequadas de acordo com a realidade de cada instituição de ensino e ao plano de aula do professor, sendo uma sugestão de aplicação que deve respeitar a individualidade de ação de cada docente.

## **CAPÍTULO 2 – OBJETIVOS E PROPOSTA DO TRABALHO**

### **2.1 - Proposta do trabalho**

Os conceitos vistos em Eletricidade, em particular corrente elétrica, resistência elétrica e circuitos, costumam ser vistos pelos alunos como abstratos e distantes de seu cotidiano. A abordagem destes tópicos é frequentemente realizada por meio de aulas expositivas teóricas; entretanto, aulas experimentais podem complementar as aulas teóricas de maneira concreta e lúdica. Ao promover a experimentação em sala de aula, os alunos têm a oportunidade de verificar, testar e medir aqueles conceitos vistos apenas teoricamente, identificar associações de resistores e outros componentes em malhas, bem como simular malhas que representem uma instalação elétrica residencial.

O presente trabalho surgiu da tentativa de aumentar o interesse dos alunos pelos temas corrente elétrica, resistência e circuitos elétricos, simultaneamente a aprofundar a compreensão ao tornar os temas menos abstratos por meio da utilização de experimentos no tema em sala de aula, com referência às aulas práticas, abordando sistemas de instalação residencial com o intuito de desenvolver uma sequência didática de aulas experimentais motivadoras para a 3ª série do ensino médio.

Nesta perspectiva pretende-se construir e utilizar nas aulas experimentais, uma bancada de instalação elétrica sobre madeira, com possibilidades de ligações de lâmpadas incandescentes em série, paralelo e mista, além de sistemas de comandos por interruptores utilizando sistemas de acionamento por múltiplos pontos e acionamentos automáticos; desenvolver experimentos junto aos alunos para aferição qualitativa da condutividade elétrica de alguns materiais, além da possibilidade de verificação de alguns dos fenômenos ou efeitos provenientes da eletricidade, como o efeito Joule, efeito magnético, efeito luminoso. Através dos experimentos propostos realizar a aferição qualitativa e quantitativa de sistemas elétricos resistivos utilizando materiais de instalação elétrica residencial, implementando circuitos simples, ligações em série e em paralelo de resistores, sistemas de múltiplos acionamentos de lâmpadas e utilização de sensores automatizados para acionamento de lâmpadas, visando o baixo custo e a compreensão da corrente elétrica e suas aplicações.

### **2.2 - Objetivo**

Apresentar uma relação entre a física teórica e sua aplicação prática no cotidiano por meio da construção de uma sequência didática de aulas experimentais e teóricas sobre corrente elétrica, seus efeitos e sua aplicação em circuitos elétricos resistivos, utilizando

materiais de baixo custo para a confecção das práticas realizadas em sala e aulas expositivas teóricas, fazendo uma abordagem do conteúdo de circuitos resistivos qualitativa e quantitativamente

Ainda como objetivos específicos deste trabalho é possível elencar os objetivos a seguir:

- Aferir qualitativamente a condutividade elétrica de alguns materiais e verificar os efeitos da corrente elétrica.
- Analisar sistemas de instalação elétrica e associação de resistores, utilizando lâmpadas incandescentes e sistemas de comandos por interruptores variados.
- Construir e utilizar uma bancada de instalação elétrica sobre madeira, com possibilidades de ligações de lâmpadas incandescentes em associações em série, paralelo e mista, além de sistemas de comandos por interruptores utilizando sistemas de acionamento por múltiplos pontos e acionamento automático.
- Realizar a aferição qualitativa e quantitativa de sistemas elétricos resistivos utilizando materiais de instalação elétrica residencial, implementando circuitos simples, ligações em série e em paralelo de resistores, sistemas de múltiplos acionamentos de lâmpadas e utilização de sensor automatizado para acionamento de lâmpadas, visando a compreensão da corrente elétrica e suas aplicações.
- Analisar a possibilidade de melhora do conhecimento e aprendizagem no ensino de circuitos elétricos com a utilização dos experimentos propostos.

### CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA E PRODUTO

A intenção do produto apresentado é criar todo o aparato teórico e experimental para o professor, utilizando experimentos didáticos para o ensino de circuitos elétricos. Os experimentos aqui propostos foram confeccionados com materiais de baixo custo de fabricação, minimizando os custos. Ao propor a utilização de matérias de baixo custo, estende-se a possibilidade do aluno replicar os experimentos propostos em suas próprias residências, como motivadores para a educação de toda família, em uma etapa de expansão de conhecimento adquirido. A experimentação tem também a finalidade de aproximar a simbologia utilizada em circuitos elétricos com a realidade do estudante, mostrando que os circuitos elétricos estudados em eletrodinâmica estão presentes nas instalações elétricas residenciais e que pode-se modelar equipamentos como aquecedores, lâmpadas incandescentes, ferro de passar, entre outros com a simbologia dos resistores, criando desta maneira um maior significado para os símbolos utilizados nesta parte da física.

Para análise do conhecimento prévio, foi aplicado um teste de conhecimento, pré-teste, sobre eletricidade e seus efeitos, levantando desta maneira o conhecimento inicial do aluno sobre este assunto. Após aplicação do pré-teste, as aulas introdutórias sobre corrente elétrica foram ministradas com o auxílio dos aparatos experimentais propostos no produto, de forma interativa, onde os alunos, supervisionados pelo professor, poderão testar vários elementos e sua condutividade, tais como: água, água com sal ou açúcar, metais, madeira, óleo, borracha, grafite, detergente. Além deste experimento, será disponibilizado também práticas laboratoriais para verificar o efeito Joule sobre condutores, efeito magnético da corrente elétrica (motor elétrico), efeito luminoso (funcionamento das lâmpadas fluorescentes).

As aulas sobre sistemas elétricos resistivos foram acompanhadas de práticas realizadas com os estudantes e utilização de bancadas para análise de sistemas resistivos ligados em série, em paralelo e misto, utilizando lâmpadas incandescentes como resistores, disponibilizando ainda medições de tensões e correntes elétricas para aferir valores de potência elétrica dos equipamentos ligados e seu funcionamento nas situações propostas.

Ao final deste conjunto de aulas foi ministrado um teste para verificar o conhecimento adquirido pelos alunos. Foram utilizados para elaboração do pós-teste, questões já aplicadas pelo Exame Nacional de Ensino Médio (ENEM), disponibilizadas na plataforma +ENEM. A plataforma +ENEM (<https://maisenem.meritt.com.br/>) possui um banco de dados com os resultados de todas as questões do ENEM respondidas por alunos de todas as instituições da região, incluindo a instituição na qual o produto foi aplicado.

### 3.1 – PRODUTO EDUCACIONAL

O produto consiste em uma sequência didática de 10 aulas, composta por aulas expositivas teóricas e aulas experimentais utilizando aparatos fabricados a partir de materiais acessíveis ou reutilizados ministradas, recursos multimídia e quadro branco. Foram abordados os seguintes temas:

- Conceito de corrente elétrica.
- Diferença entre corrente alternada e corrente contínua.
- Diferença entre materiais condutores e isolantes.
- Efeitos da corrente elétrica (efeito luminoso, efeito Joule, efeito magnético, efeito fisiológico).
- Associação de resistores (associação em série, associação em paralelo, associação mista).
- Cálculo da energia elétrica consumida em unidades residenciais.
- Acionamento de lâmpadas por mais de um comando (sistema three-way e sistema four-way).
- Sensores de acionamento de lâmpadas por fotocélula.

Cada aula abordará um dos conteúdos acima de forma teórica, sendo a prática uma complementação para a aprendizagem, utilizada em determinados momentos conforme o assunto que será abordado, sendo descrito para o professor os seguintes tópicos:

- Objetivo da aula
- Questões motivadoras para a aula
- Abordagem teórica do conteúdo a ser ministrado
- Experimento prático a ser realizado
- Roteiro do experimento
- Questões para serem resolvidas em casa e discutidas na próxima aula

Conforme o andamento das atividades propostas, as aulas descritas poderão ser divididas em mais de um encontro, de acordo com a necessidade do professor e da compreensão dos assuntos ministrados pelos estudantes.

## Aplicação do pré-teste 1

Antes de iniciar a sequência didática referente ao produto educacional proposto nesta dissertação foi aplicado um pré-teste (ANEXO I) com o intuito de analisar os conhecimentos prévios dos alunos. Com base nos dados obtidos no pré-teste pode-se fazer uma abordagem mais direcionada sobre determinados tópicos do produto, levando em consideração os pontos de maiores erros e acertos do pré-teste. Ao final da aplicação do produto os alunos foram avaliados em um pós-teste.

### AULA 01 – Corrente elétrica

#### OBJETIVO

Introduzir o conceito de corrente elétrica, caracterizando a corrente em circuitos elétricos. Demonstrar o sentido convencional da corrente e o sentido real. Abordar a definição matemática de corrente elétrica. E definir qualitativamente, do ponto de vista microscópico, como se processa o movimento dos portadores de carga responsáveis pela corrente elétrica em metais e outros meios materiais. Definir corrente contínua e corrente alternada e enunciar o princípio de conservação da carga aplicada a circuitos elétricos (lei dos nós de Kirchhoff).

#### QUESTÕES MOTIVADORAS

Por que passarinhos pousam em fios de alta tensão e não morrem eletrocutados?

Se o chuveiro elétrico é ligado na tomada, por que não tomamos choque quando estamos tomando banho?

Porque não tomamos choques ao manipularmos uma bateria ou pilha?

Qual a diferença entre uma pilha e a tomada residencial?

#### INTRODUÇÃO TEÓRICA

É interessante que o professor nesta aula comente sobre os assuntos abaixo relacionados, tendo como foco a teoria aplicada ao cotidiano para que o aluno, ao final da explicação consiga retornar as questões motivadoras e responde-las adequadamente.

Conceitos a serem trabalhados:

- Corrente elétrica
- Diferença de potencial ou tensão elétrica.

- Movimentação de cargas no condutor (elétrons livres ou íons).
- Descargas atmosféricas e linhas de transmissão para distribuição de energia elétrica
- Sentido real e sentido convencional da corrente elétrica.

Observação: o sentido convencional da corrente é utilizado em análise de circuitos elétricos e toda vez que for mencionado termo corrente elétrica será relacionado ao sentido da corrente convencional, fluindo do terminal positivo de um gerador em direção ao terminal negativo do mesmo, atravessando o condutor, como de acordo com a figura 1.

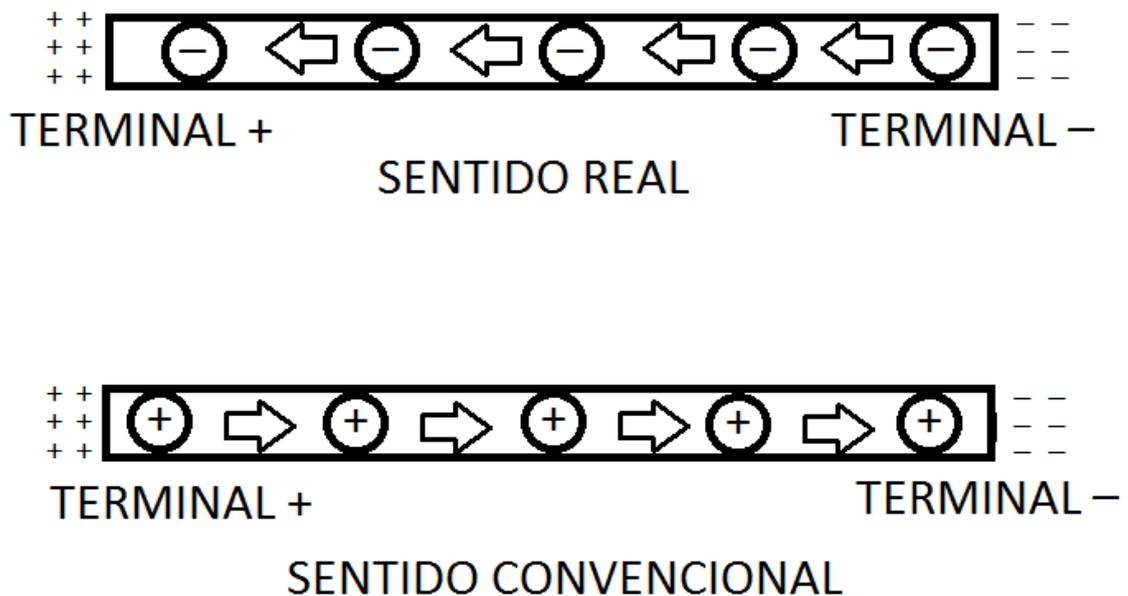


Figura 1 - Sentido da corrente convencional e corrente real - imagem própria

- Corrente elétrica em meios materiais diferentes (sólido, líquido, gasoso).
- Intensidade da corrente elétrica ( $i$ ), podendo apresentar ao estudante a equação 1:

$$i = \frac{Q}{\Delta t} \left[ \frac{\text{coulomb}}{\text{segundo}} \right]$$

Equação 8 - Corrente elétrica

$i$  = corrente elétrica [A]

$Q$  = quantidade de carga elétrica [C]

$\Delta t$  = intervalo de tempo [s]

Onde a carga total que passa pela seção transversal de um condutor pode ser calculada por meio da equação 2.

$$Q = n \cdot e$$

*Equação 9 - Quantidade de carga elétrica*

Onde:

$n =$  quantidade de elétrons livres que atravessam a secção transversal

$e =$  carga elétrica elementar  $= 1,6 \cdot 10^{-19} C$

- Tipos de correntes elétrica, classificando-a em corrente contínua, denominada de C.C ou D.C. (exemplo: pilhas, baterias, carregadores de celulares) e corrente alternada, denominada de C.A ou A.C. (exemplo: corrente elétrica residencial)

Graficamente pode-se demonstrar esta diferença como representado na figura 2.

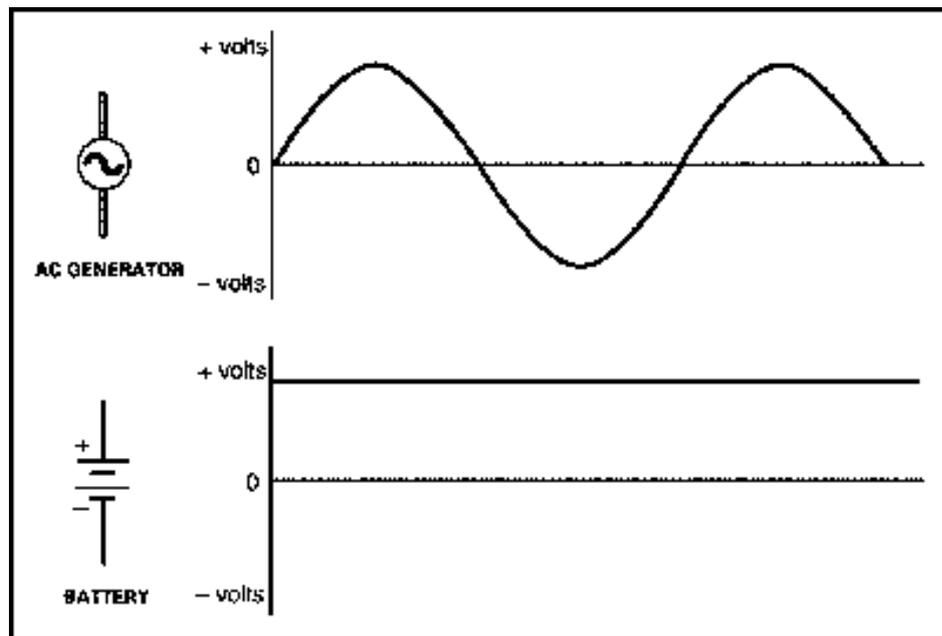


Figura 2 - Gráfico da tensão versus tempo da diferença entre corrente contínua e alternada.

- Continuidade da corrente elétrica em um condutor ligado aos terminais de uma fonte geradora de eletricidade. Reforçando que se no caminho de condução os portadores de cargas se depararem com uma derivação (bifurcação no sistema condutor), também chamada de nó, a corrente elétrica total de entrada no nó será igual à soma das correntes elétricas que seguirão pelos caminhos criados, conforme representado na figura 3. Pode-se chamar esta propriedade de continuidade da corrente elétrica ou Lei dos Nós de Kirchhoff para circuitos elétricos.

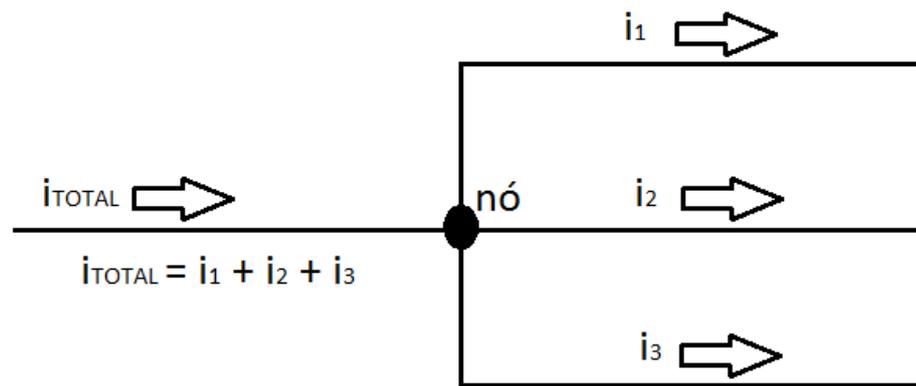


Figura 3 - Continuidade da corrente elétrica - imagem própria

#### ATIVIDADES PARA CASA:

Selecionar no livro didático adotado pela instituição exercícios que abordem os assuntos até o momento discutidos.

### **AULA 02 - Experimento sobre Condutores e Isolantes**

#### OBJETIVO

Verificar junto aos alunos a capacidade de condução elétrica de vários materiais, classificando-os em bons condutores, maus condutores e isolantes elétricos, discutindo o conceito de corrente elétrica e o efeito joule.

#### QUESTÕES MOTIVADORAS

A água que sai da torneira é um bom condutor ou um isolante elétrico?

O corpo humano é um material isolante ou condutor de eletricidade?

Como realizar a ligação de um equipamento elétrico?

#### INTRODUÇÃO TEÓRICA

Convém ao professor orientar os alunos sobre a capacidade de condutividade de corrente elétrica dos materiais, classificando-os como condutores elétricos ou isolantes elétricos. No intuito de esclarecer aos alunos o que são materiais condutores e materiais isolantes, será proposto uma prática experimental, onde o aluno ou grupo de alunos receberão uma folha contendo o nome de vários materiais do cotidiano para classificá-los em bons condutores, maus condutores ou isolantes elétricos. Pode-se também realizar um

levantamento das características de condução ou isolamento elétrico através de votação em sala com uma única tabela projetada ou desenhada no quadro da sala.

Essa atividade pode ser aplicada após uma explicação sobre corrente elétrica e suas formas de condução de eletricidade, deixando-os com curiosidade para experimentação. Após a prática, verifica-se a pontuação dos alunos para definir qual o percentual de acertos e erros, seguindo com uma discussão em sala, agora mais aprofundada, sobre condutividade elétrica, resistência elétrica dos materiais, isolamento elétrico.

### ATIVIDADE PRÁTICA

Montagem da tábua de análise dos materiais, onde será ligado um sistema com disjuntor diferencial residual (DR), para evitar possíveis acidentes com choque elétrico, em série com um interruptor simples para controle liga-desliga da corrente e também em série com uma lâmpada incandescente que permitirá, por meio do seu brilho, estabelecer de forma qualitativa, uma análise da condutividade ou resistividade do material a ser estudado. Este sistema em série com um sistema de fios conectados de modo a permitir a ligação de vários materiais em suas extremidades, conforme ilustrada na figura 4 e no diagrama esquemático da figura 5.

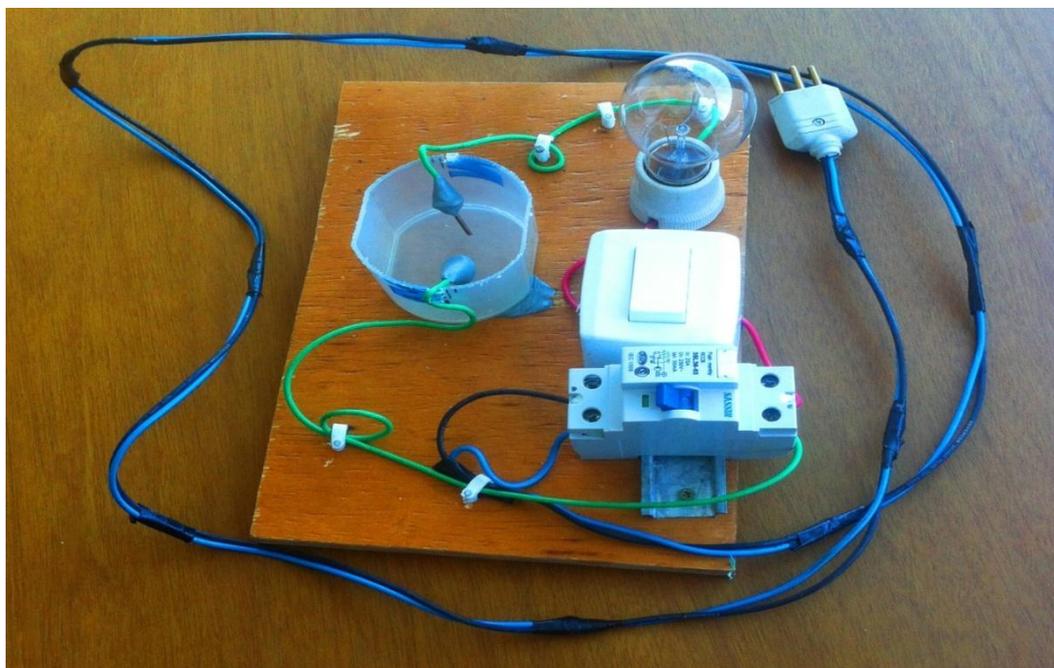


Figura 4 - - Modelo do sistema de ligação para verificação de condutores e isolantes – foto própria.

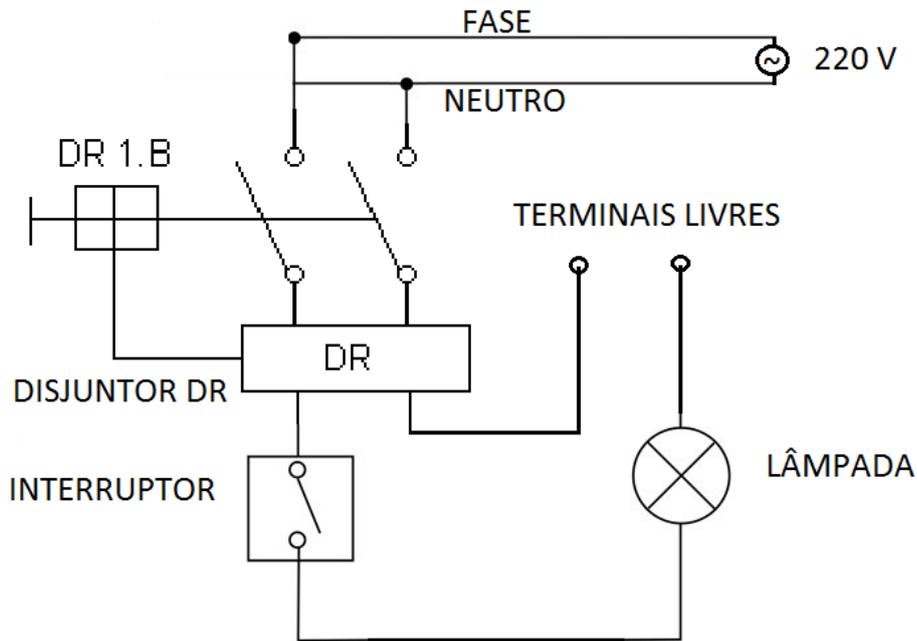


Figura 5 - - Circuito equivalente ligação para verificação de condutores e isolantes – imagem própria.

Na figura 4 e 5 é exibida a foto e o circuito equivalente do modelo da tábua utilizada para análise dos circuitos confeccionada com a ideia de implementação utilizando materiais reutilizados, sem a necessidade de compra, montado com os próprios alunos. O circuito da figura 5 permite analisar a condutividade dos materiais. Importante lembrar que por questão de segurança recomenda-se a utilização de um disjuntor diferencial residual (DR) como proteção de choques elétricos. As ligações deverão ser realizadas sempre pelo professor, com circuito desligado, utilizando como elementos para conexão entre os contatos elétricos os materiais propostos na ficha entregue aos alunos, que previamente deverão ser providenciados pelo professor para que a experiência aconteça adequadamente.

## MATERIAL

Bancada de madeira para ligação dos dispositivos:

- Disjuntor de proteção contra choque (DR)
- Interruptor simples
- Lâmpada incandescente (100W, 60W ou 40W)
- Tomada com extensão para alimentação da bancada
- Voltímetro digital e alicate amperímetro
- Materiais para análise conforme os listados na tabela 1.

## MONTAGEM

- Fixar sobre a tábua de madeira o trilho do disjuntor DR, o bocal da lâmpada incandescente e o interruptor simples
- Ligar uma extensão elétrica na entrada do disjuntor DR (fase e neutro) segundo especificação do equipamento.
- Conectar a saída de neutro do disjuntor a um fio que ficará com a ponta livre para ligação dos materiais para análise de condutividade.
- Conectar a saída de fase do disjuntor a um dos terminais do interruptor.
- Conectar o outro terminal do interruptor à um terminal do bocal da lâmpada e o outro terminal do bocal um fio que ficará livre para ligação dos materiais para análise de condutividade.
- Para facilitar as ligações aos materiais que serão analisados recomenda-se a utilização de fio rígido de 2,5 mm<sup>2</sup>, sendo possível desencapar sua extremidade livre e recobri-la de massa epox para torna-la menos flexível.
- Fixar todos os fios conectores sobre a madeira utilizando fixadores de fio ou cola quente.

Tabela 1 - Modelo de tabela para verificação de materiais condutores e isolantes elétricos

Marque, para os elementos representados abaixo, como você os classificaria, como bons condutores, maus condutores ou material isolante.			
MATERIAL	Bom condutor	Mau condutor	Isolante
ÁGUA DA TORNEIRA			
FIO DE COBRE			
PEDAÇO DE MADEIRA SECA			
ÁGUA COM AÇUCAR			
ÁGUA COM SAL			
RESISTÊNCIA DE CHUVEIRO			
SALSICHA			

ÓLEO			
GRAFITE DO LÁPIS			
ÁGUA COM CAFÉ			
DETERGENTE NEUTRO			
TOTAL DE ACERTOS:			

### EXPLICAÇÃO DO EXPERIMENTO

Por meio da montagem proposta, pode-se avaliar a condutividade dos materiais ligando-os aos terminais do circuito. De uma maneira qualitativa, o estudante observará que materiais bons condutores permitirão a passagem da corrente elétrica, produzindo um brilho acentuado na lâmpada incandescente, enquanto materiais maus condutores dificultarão a passagem da corrente elétrica (dissipação de energia elétrica principalmente na forma de calor) fazendo a lâmpada brilhar, porém em uma intensidade bem menor, mostrando que alguma característica do material (resistência do elemento é mais elevada) irá reduzir a passagem da corrente elétrica. Por fim, materiais isolantes não permitirão a passagem da corrente elétrica e conseqüentemente a lâmpada não acenderá.

Uma forma de incrementar os estudos é levar para a sala um amperímetro e conectá-lo em série no circuito, podendo assim, além de avaliar a passagem de corrente e a condutividade de forma qualitativa, realizar quantitativamente o cálculo da resistência elétrica do circuito, levando em consideração o valor de corrente medido, com a tensão aproximada da rede (220V, para Brasília) e a Lei de Ohm, mostrada na equação 03.

$$U=R.I$$

**Equação 10 - 1ª Lei de Ohm – cálculo da diferença de potencial**

Onde:

U = diferença de potencial (volt)

R = resistência elétrica (ohm)

I = corrente elétrica (ampére)

Pode-se utilizar este experimento para introduzir os conceitos de resistência elétrica que será abordado em aulas futuras, reaplicando esta prática de forma quantitativa para aferir resistência elétrica, corrente elétrica e conceitos de potência e energia elétrica.

Outro fenômeno possível de ser observado nesta prática é o Efeito Joule, onde a passagem de corrente gera aquecimento no condutor, com elementos como a água com café, salsicha e palha de aço, pode-se verificar este fenômeno, relacionado ao aumento de temperatura quando submetidos à corrente elétrica. O café, se esperado algum tempo após a ligação, entrará em ebulição; a palha de aço, quando conectada nos dois terminais entrará em combustão, e a salsicha poderá ser cozida quando inserida no circuito elétrico.

#### ATIVIDADES PARA CASA:

Selecionar no livro didático adotado pela instituição exercícios que abordem os assuntos até o momento discutidos.

### **AULA 03 – Efeitos da Corrente Elétrica**

#### OBJETIVO

Identificar os vários efeitos que a corrente elétrica pode criar em um circuito, tais como: efeito térmico ou efeito Joule, efeito luminoso, efeito magnético e efeito químico; analisando-os de forma qualitativa dentro de experimentos realizados em sala de aula.

#### QUESTÕES MOTIVADORAS

Como a lâmpada funciona e qual a diferença entre a incandescente e a fluorescente?

Como os motores elétricos funcionam (ventiladores, batedeira, liquidificador)?

O que acontece com uma pessoa quando toma choque, quais os efeitos da corrente elétrica sobre o corpo humano?

Como se faz para banhar uma peça a ouro? E a cromagem?

#### INTRODUÇÃO TEÓRICA

Nesta aula o professor deverá abordar de forma sucinta e preferencialmente qualitativa os principais efeitos da corrente elétrica e se possível, apresentar uma aplicação dos efeitos estudados de forma prática e/ou teórica, conforme sugerido neste produto.

Um problema encontrado na análise da corrente elétrica se deve ao fato dos portadores de cargas elétricas não serem visíveis, um condutor não energizado ou energizado, aparentemente não apresenta nenhuma alteração visível, pois os elétrons ou íons circulando em um condutor percorrido por corrente não podem ser observados, porém o fluxo de cargas que atravessa o condutor pode ser aferido por instrumentos de medida (amperímetro). Deve-se, desta forma criar um modelo que melhor explique as situações, uma maneira da verificação da passagem da corrente elétrica é realizar a análise dos efeitos gerados pela corrente elétrica em um circuito fechado, que comprovam a existência da corrente por meio da transformação da energia elétrica em outras formas de energia.

Ao analisar a passagem da corrente elétrica por um condutor, pode-se verificar uma série de fenômenos provocados pela corrente elétrica, onde, para o ensino médio, destacam-se cinco efeitos principais: fisiológico (efeito sobre o corpo e tecidos), térmico (ou efeito Joule), químico, magnético e luminoso.

- **Efeito fisiológico:**

Comentar sobre a passagem da corrente elétrica por organismos vivos que poderá provocar desde contrações musculares leves à parada respiratória e parada cardíaca; quando isso ocorre, dizemos que houve um choque elétrico. Pode-se também abordar o valor mínimo de intensidade de corrente que se pode perceber pela sensação de cócegas ou formigamento leve, que é 1 mA até a faixa de valores letais de corrente elétrica está compreendido entre 10mA e 3A onde nesta intensidade, a corrente, atravessado o tórax, atinge o coração com intensidade suficiente para modificar seu ritmo. Cabe também relatar que nossos impulsos nervosos são transmitidos por estímulos elétricos, logo a eletricidade está naturalmente presente no nosso corpo.

- **Efeito térmico:**

Pode-se fazer uma breve introdução histórica sobre a corrente elétrica e a produção de calor, através da análise dos experimentos propostos por James Prescott Joule (1818 – 1889).

No decorrer da aula é interessante que o professor comente sobre as conclusões dos experimentos de Joule onde, a partir destas observações Joule definiu que o calor gerado em um circuito elétrico percorrido por corrente deveria ser diretamente proporcional à resistência elétrica do condutor ( $R$ ), ao quadrado da corrente elétrica ( $i$ ) que o percorre e do tempo de exposição ( $\Delta t$ ) do condutor a corrente elétrica, conforme exibido na equação 4.

$$Q = R \cdot i^2 \cdot \Delta t.$$

**Equação 11 - Quantidade de calor em função da corrente elétrica**

Considerando a quantidade de calor como energia ( $Q = E$ ) e a potência elétrica ( $P$ ) como a razão entre a energia e o tempo, tem-se na equação 5:

$$P = \frac{E}{\Delta t} = R \cdot i^2$$

**Equação 12 - Cálculo da potência elétrica**

Este feito de transformação de energia elétrica em energia térmica é denominado efeito térmico, também conhecido como efeito Joule. O professor pode comentar ainda que esse efeito é muito aplicado nos aquecedores em geral, como o chuveiro, mergulhão, churrasqueira elétrica, forno elétrico, fogão elétrico, lâmpadas incandescentes e que em geral, todos os condutores quando percorridos por correntes elétricas sofrem um aquecimento.

Para demonstração do efeito Joule, pode-se utilizar a montagem da figura 4 (modelo do sistema de ligação para verificação de condutores e isolantes), ligando, por exemplo, um pedaço de palha de aço ou uma salsicha entre os terminais, verificando desta forma que após algum tempo a temperatura da salsicha irá aumentar e começará o processo de cozimento do alimento, se for realizado um curto-circuito nos terminais da lâmpada, a salsicha será alimentada por tensão de aproximadamente 220 V e começará a aquecer-se mais rapidamente, mostrando que o aumento da tensão elétrica acarretará em um aumento da corrente elétrica sobre o equipamento e conseqüentemente um aumento da potência elétrica dissipada pelo alimento e sua carbonização.

- **Efeito químico:**

O professor pode relatar sobre o efeito químico abordando determinadas reações químicas que ocorrem quando a corrente elétrica atravessa soluções eletrolíticas. Este processo é aplicado, por exemplo, no recobrimento de metais por outros metais (niquelação, cromação, prateação, banho de ouro).

Para demonstração do efeito químico foi proposto um processo de galvanização, revestindo uma peça metálica com cobre, escolhido devido a maior facilidade de realização e custo baixo, realizando então um experimento que aborda a galvanização eletrolítica, onde se realiza uma eletrólise aquosa de cobreamento.

A galvanização é todo processo de galvanoplastia em que metais são revestidos por outros mais nobres, com o objetivo de proteção ou para fins estéticos e decorativos. Trata-se de um processo de revestimento de superfícies por meio da eletrólise onde o metal a ser

revestido funciona como cátodo, logo, sofrerá redução, e o metal que irá revestir a peça funciona como o ânodo que, por conseguinte, sofrerá oxidação. A galvanização possui grande uso na indústria como, por exemplo, no desenvolvimento de joias e semijoias que não são feitas totalmente de metais nobres, apenas revestidas por estes. Por meio do mesmo processo é possível cobrir objetos com cromo, níquel, cobre, ouro, dentre outros, efeito utilizado principalmente em peças de carros e motos, semijoias e processos industriais. Em geral, a galvanização é utilizada para proteger esses artefatos, e produzir peças resistentes à corrosão. Assim, caso haja danificação, será sempre mais fácil trocar o material revestidor do que o revestido.

### ATIVIDADE PRÁTICA

A prática desse experimento se dá a partir do uso alguns materiais laboratoriais; para o processo realizado em sala de aula pode-se utilizar:

250 ml de água deionizada

75 g de sulfato de cobre

01 peça de metal que será galvanizada (no caso utilizou-se um pingente, uma chave e um abridor de lata).

Além disso, é necessário um pedaço de cobre por se tratar de uma eletrólise cujo objetivo é o cobreamento de tal peça. Tanto o pedaço de cobre quanto o metal que se deseja revestir com cobre serão conectados aos eletrodos de uma fonte de alimentação contínua, mergulhados em seguida na solução eletrolítica. A peça que será galvanizada recebe nome de cátodo e o pedaço de cobre recebe o nome de ânodo.

A montagem experimental é exibida na figura 6 e seu circuito equivalente na figura 7.

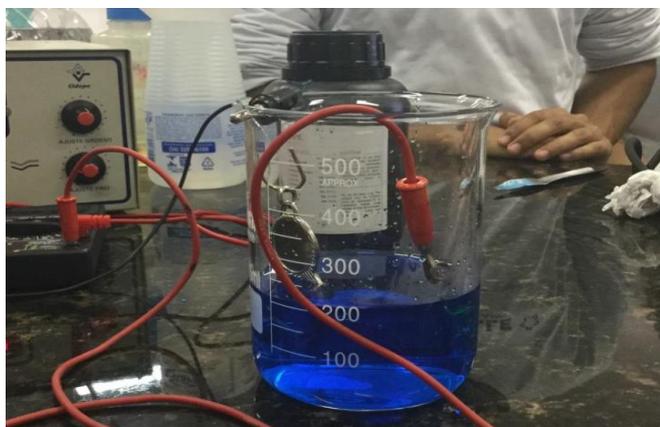


Figura 6 - Experimento abordando técnica de cobriamento de uma peça de metal realizada com os alunos – imagem própria.

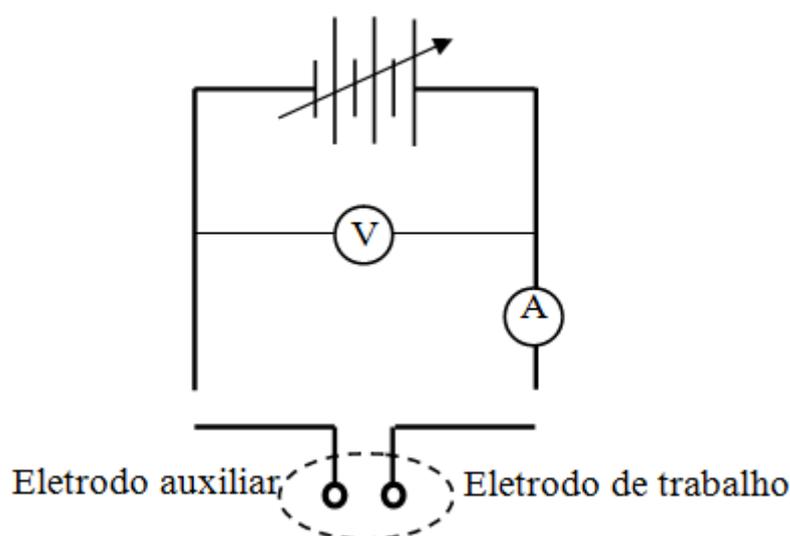


Figura 7 - Circuito equivalente para uma célula eletrolítica para eletrodeposição de metais, na qual V corresponde a um voltímetro, A a um amperímetro, e os eletrodos de trabalho (o qual contém a peça a ser coberta por um metal eletrodepositado) e o eletrodo auxiliar estão imersos em um recipiente contendo a solução com os íons (elipse pontilhada no desenho).

É fundamental que haja uma fonte de energia elétrica, podendo ser utilizado um gerador de tensão contínua, com extrabaixa tensão (25 volts), controlando a intensidade de corrente em torno de 5,0 ampères. Após ligar o gerador espera-se cerca de 60 segundos para que seja possível observar o cobreamento da peça. É importante fixar que a intensidade da corrente elétrica pode alterar o tempo de fixação de cobre no metal, caso esta seja maior ou menor o processo irá ocorrer mais rápido ou mais devagar respectivamente, além disso, o tempo pode modificar a qualidade da cor do objeto revestido.

O controle da espessura da camada de cobre que será depositada no eletrodo pelo processo de galvanização é feito por meio de modelos matemáticos, abordando os aspectos quantitativos da eletrólise, porém este cálculo não será abordado nas aulas de física, onde nosso objetivo com tal experimento é puramente qualitativo, uma vez que as aulas de química referentes a este experimento serão vistas com maior detalhamento no terceiro trimestre, ao passo que esta matéria foi ministrada nas aulas de física no primeiro e segundo trimestre. Em parceria com os professores de química pode-se solicitar que este experimento seja revisto e que as reações químicas sejam reanalisadas.

- **Efeito magnético:**

O professor deve fazer um relato breve e qualitativo sobre o efeito magnético, que pode ser observado por meio da criação de um campo magnético na região em torno de um fio percorrido por corrente elétrica. Cabe ressaltar que, dependendo do cronograma da instituição de ensino os tópicos relacionados ao magnetismo só serão abordados após o estudo de eletrodinâmica, logo os alunos podem não possuir conhecimento prévio sobre ímãs e sistemas eletromagnéticos.

## ATIVIDADE PRÁTICA

Esta prática demonstra o efeito magnético da corrente elétrica, mostrando como a corrente elétrica, ao passar por uma bobina, gera um campo magnético, observando a interação entre a bobina e um ímã permanente, explicando qualitativamente o princípio básico de funcionamento de motores elétricos e suas partes fundamentais. A construção do aparato é simples, para que os alunos possam refazer a experiência em casa, se acharem necessário. Para isso o professor deverá utilizar materiais de uso cotidiano e fáceis de serem encontrados.

O modelo de motor proposto no projeto terá como estator (parte fixa do motor) um ímã permanente, que pode ser obtido na desmontagem de uma caixa de som ou autofalante. O rotor (parte móvel do motor) será feito com fio de cobre esmaltado, retirado de algum bobinamento de um motor já sem utilidade. A fonte de alimentação poderá ser uma pilha ou associação em série de pilhas, ou um carregador de celular ou qualquer outra fonte de corrente contínua de baixa d.d.p. (diferença de potencial) e para montagem é proposto à fixação de todo o aparato em um pedaço de madeira ou outra superfície isolante. Os mancais para o apoio da bobina devem ser feitos com o fio de cobre rígido, com as extremidades raspadas (para retirar o verniz isolante) ou utilizando fio nu, isto é, fio desencapado.

Para dobrar o fio é interessante a utilização de um alicate. As extremidades inferiores desses mancais serão fixadas diretamente sobre a madeira, com fita adesiva ou cola quente, criando um ponto de ligação para os terminais (+) e (-) da pilha ou carregador de celular. A altura correta é aquela que permitirá à bobina passar bem rente ao ímã.

A bobina (rotor do motor), será feita inicialmente com uma só espira para aferir a dimensão do sistema, em seguida o enrolamento será realizado na mesma dimensão da primeira espira, criando uma bobina entre 10 e 20 voltas. A bobina deverá ter uma das extremidades totalmente raspada para retirar o verniz isolante e a outra apenas raspada só metade do fio, como forma de conduzir a corrente elétrica em metade do ciclo, interagindo

com o ímã e a segunda metade, com circuito fechado, a bobina girará pela inércia adquirida. Esta raspagem funciona como o comutador de um motor de corrente contínua, a montagem descrita acima é exibida na figura 8.



Figura 8 - Modelo da montagem do motor elétrico - imagem própria

Uma vez terminada a montagem, às vezes é necessário um pequeno impulso no rotor para que ele inicie o movimento e continue girando. Se não girar, um dos motivos pode ser a posição da extremidade semirraspada do terminal da bobina; com o alicate, o professor ou o aluno sob sua orientação deverá lentamente torcer esse terminal até obter a posição correta. Outro motivo possível é a distribuição de massa da bobina, onde deve ser observado que o eixo imaginário da bobina deverá passar pelo centro da circunferência, criando uma melhor distribuição do seu peso sobre os mancais.

#### ATIVIDADE PRÁTICA ALTERNATIVA OU COMPLEMENTAR

Uma forma de mostrar o mesmo princípio, construindo um motor mais simples, consiste em acoplar uma pilha palito (AAA) ou pilha pequena (AA) a um conjunto de ímãs de neodímio em forma de pastilha circular, criando a fonte acoplada ao estator. Com um fio de cobre fino, deve-se montar uma bobina simples que terá como mancal o próprio contato elétrico em um terminal e na parte inferior um enrolamento para contato com o outro terminal elétrico da pilha, conforme mostra a figura 9.



Figura 9 - Motor elétrico simples - imagem própria

Uma vez conectados o sistema iniciará o movimento seguindo os mesmos princípios da outra montagem proposta. Esta montagem poderá ser realizada com os alunos como uma forma alternativa de criação de motor elétrico simples e mais barato.

### **Efeito luminoso:**

Também é um fenômeno elétrico em nível molecular que pode ser analisado através do funcionamento de sistemas elétricos como lâmpadas fluorescentes onde a excitação eletrônica pode gerar a emissão de radiação ultravioleta, e o revestimento da lâmpada a base de fósforo, por sua vez, produz luz na faixa do espectro visível. Este sistema ilustra como em determinadas condições, a passagem da corrente elétrica através de um gás rarefeito faz com que ele emita radiações eletromagnéticas visíveis ou não. As lâmpadas fluorescentes, os anúncios luminosos, os relâmpagos oriundos de descargas atmosféricas, são aplicações desse efeito. Neles há transformação de energia elétrica em energia luminosa.

Vale resaltar que a lâmpada incandescente não tem como princípio de funcionamento o efeito luminoso, elas são consideradas como resistores elétricos, operando através do efeito Joule, convertendo energia elétrica em calor e posteriormente calor em energia luminosa através do aquecimento do filamento de tungstênio presente no seu interior.

### ATIVIDADES PARA CASA:

- 4- Selecionar no livro didático adotado pela instituição exercícios que abordem os assuntos até o momento discutidos.
- 5- Análise da medição da corrente elétrica, da energia elétrica e potência elétrica de aparelhos elétricos encontrados em residências.
- 6- Proposta de preenchimento da planilha de verificação de consumo de energia elétrica residencial com tarefa para casa, para posterior discussão dos dados coletados em sala de aula.

Poderá ser disponibilizada para os alunos uma planilha como a do modelo abaixo em Excel, como forma de introduzir esta ferramenta para os estudantes.

Tabela 2 - Tabela para cálculo de consumo de energia elétrica residencial

<u>Modelo de Trabalho para o aluno realizar em casa:</u>					<u>Valor da tarifa (preço do kWh da sua conta Le Luz)</u>	
<u>Aferição do consumo de energia de equipamentos residenciais</u>						
<b>SIMULADOR DE CONSUMO DE ENERGIA</b>						
<u>EQUIPAMENTOS</u>	<u>POTÊNCIA</u> <u>(WATTS)</u>	<u>QUANTIDADE DE</u> <u>APARELHOS</u>	<u>HORAS DE USO</u> <u>POR DIA</u>	<u>DIAS DE USO</u> <u>NO MÊS</u>	<u>CONSUMO</u> <u>[kWh/mês]</u>	<u>VALOR</u> <u>R\$(em reais)</u>
Aparelho de som						
AR CONDICIONADO						
Aspirador de pó						
Batedeira						
Cafeteira elétrica						
Carregador de celular						
Máquina de lavar roupa						
Chapinha de cabelo						
Chuveiro elétrico						
Coifa ou exaustor de cozinha						
Geladeira						
Espremedor de frutas						
Ferro de passar roupa						
Lâmpadas						
Forno elétrico						

## AULA 04 - Leis de Ohm e resistores elétricos

### OBJETIVO DA AULA

Compreender o efeito da corrente elétrica em sistemas resistivos e suas relações matemáticas, identificando aparelhos elétricos resistivos e resistores, analisando as Leis de Ohm referentes a tais equipamentos.

### QUESTÕES MOTIVADORAS PARA A AULA

Como um chuveiro elétrico, um forno elétrico e um ferro de passar roupa funcionam?

Qual destes equipamentos será percorrido por maior corrente elétrica quando ligados a mesma tensão elétrica?

O que aconteceria se um equipamento de 220V fosse ligado em uma rede elétrica de 110V?

O que aconteceria se um equipamento de 110V fosse ligado em uma rede elétrica de 220V?

### INTRODUÇÃO TEÓRICA

Na análise de corrente elétrica, verificou-se a possibilidade de conversão da energia elétrica em outras formas de energia, como energia luminosa, calor, magnetismo para acionamento de motores e energia química. Nesta aula o professor deverá abordar a conversão de energia elétrica em calor, compreendendo como equipamentos elétricos, como torradeiras, chuveiro, fogão elétrico, cafeteira e outra variedade de sistemas conseguem realizar esta conversão. Vale ressaltar para os alunos que estes equipamentos possuem uma característica ou propriedade em comum, que será nomeado de resistência elétrica (R).

Neste momento o professor pode fazer um breve relato histórico sobre Georg Ohm e abordar as equações que descrevem as observações por ele feitas, representadas como as Leis de Ohm, em uma análise voltada para o ensino médio onde o valor da “Resistência Elétrica” do material, simbolizado pela letra R, que pode ser calculada de acordo com a equação 6, onde a unidade será  $\left[\frac{V}{A}\right] = [ohm] = [\Omega]$ .

$$R = \frac{U}{i}$$

Equação 13 - Equação da 1ª Lei de Ohm – cálculo da resistência elétrica

Na apresentação da segunda relação proposta por Ohm, o professor pode relacionar a resistência elétrica com as características e dimensões do material condutor, verificando as

relações entre o comprimento do condutor (L), sua área de secção transversal (A) e o tipo de material utilizado, representado pela sua resistividade ( $\rho$ ), pois materiais diferentes tendem a conduzir correntes diferentes, mesmo feitos com as mesmas dimensões.

Desta forma a resistência elétrica pode ser calculada como sendo diretamente proporcional à resistividade do material, ao comprimento e inversamente proporcional à área de secção transversal reta do respectivo objeto, expressa conforme a equação 7:

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

Equação 14 - Equação da 2ª Lei de Ohm

Vale a pena o professor resaltar que as Leis de Ohm são válidas para resistores operando em determinadas faixas de temperaturas e de diferença de potencial aplicadas sobre eles. Desta maneira, os resistores são considerados ôhmicos porque obedecem à lei de Ohm dentro dos limites de tensão aplicados no local do circuito onde forem instalados. Alguns dispositivos à base de semicondutores, como diodos e transistores não apresentam comportamento que obedecem as Leis de Ohm, sendo considerados equipamentos não ôhmicos, estes materiais não são explorados por não fazerem parte do programa do Ensino Médio. No estudo de resistência elétrica um equipamento será considerado como Resistor elétrico (R) quando tiver como função transformar energia elétrica em energia térmica. Este fenômeno é chamado de efeito Joule. Em um circuito elétrico um resistor poderá ser representado conforme a figura 10:



Figura 10 - Representação característica de um resistor

#### ATIVIDADES PARA CASA:

Selecionar no livro didático adotado pela instituição exercícios que abordem os assuntos até o momento discutidos - Leis de Ohm e circuito resistivo.

#### Aplicação do segundo pré-teste 02

Antes de iniciar as aulas referentes à associação de resistores em série, paralelo e mista recomenda-se a aplicação de um pré-teste 02 com o intuito de analisar os conhecimentos

prévios dos alunos sobre associações elétricas e verificar o nível de conhecimento adquirido sobre circuitos elétricos resistivos até esta etapa da sequência didática (ANEXO II).

## **AULA 05 - Associação de Resistores**

### OBJETIVO DA AULA

Analisar circuitos resistivos observando as várias formas de associação de resistores possíveis, associação em série, associação em paralelo e associação mista. Demonstrar para cada tipo de associação as relações entre corrente elétrica, tensão elétrica e resistência equivalente dos circuitos.

### QUESTÕES MOTIVADORAS PARA A AULA

Como realizar a ligação de mais de uma lâmpada em um único interruptor?

Porque nas lâmpadas de natal quando uma lâmpada queima várias outras lâmpadas apagam?

Uma única lâmpada de natal poderia ser ligada diretamente na tomada de 220V?

### INTRODUÇÃO TEÓRICA

Nesta aula deve-se observar que de forma geral, os resistores podem ser associados de três maneiras: associação em série, associação em paralelo, associação mista. O professor deverá analisar cada uma destas associações e suas características, levando o aluno a compreender a relação entre tensão elétrica e corrente elétrica em cada uma das associações e o cálculo da resistência equivalente qualquer que seja o tipo de associação de resistores utilizada, a qual é normalmente simbolizada pela forma abreviada de escrita  $R_{eq}$ .

### ATIVIDADES PARA CASA:

Selecionar no livro didático adotado pela instituição exercícios que abordem os assuntos até o momento discutidos.

## **AULA 06 – Medidas elétricas de corrente e tensão em circuitos resistivos**

### OBJETIVO

Identificar dentro de um circuito resistivo as tensões e correntes através de equipamentos que possibilitem fazer a aferição destes valores. Apresentar os equipamentos voltímetro e amperímetro, explicitando suas formas de conexão dentro dos circuitos elétricos. Este conteúdo será de fundamental importância para a aplicação da bancada de circuitos elétricos residencial, parte desse produto educacional, e que será utilizada nas aulas 07, 08 e 09.

### QUESTÕES MOTIVADORAS PARA A AULA

Como realizar a medição da tensão elétrica de uma tomada residencial, uma bateria de carro ou uma pilha?

Como realizar a medição da corrente elétrica que passa por um circuito resistivo?

### INTRODUÇÃO TEÓRICA

É importante que o professor reflita com os alunos a necessidade da realização de medidas de tensão elétrica e da corrente elétrica, pois através destas análises, como visto em aulas anteriores, é possível aferir os valores de potência elétrica, resistência elétrica e realizar uma estimativa da energia elétrica consumida em um circuito resistivo. Para isso é necessário a apresentação e forma de utilização de dois aparelhos: o voltímetro e o amperímetro. Existe um aparelho, o multímetro, conforme representado na figura 11, que possui uma chave seletora e pode funcionar como voltímetro e amperímetro e estes equipamentos devem ser apresentados aos alunos para que possam manuseá-los e compreender as possibilidades de ligações e medidas. Deve-se, entretanto, ficar atento na forma de conexão destes equipamentos no circuito e em suas características, pois se ligados errados poderá gerar dano ao equipamento e ao circuito ou não registrar adequadamente os valores que se quer medir.

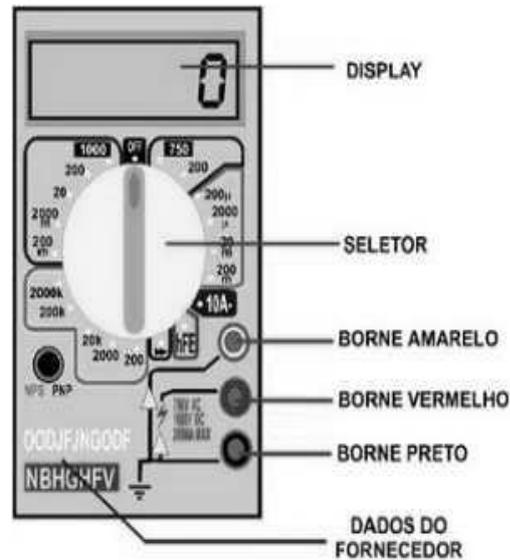


Figura 11 - Multímetro digital e seus comandos e ligações

O professor deve explicar as características de cada um dos equipamentos de medidas e a forma de ligação dos equipamentos com o circuito elétrico.

Deve-se orientar o aluno a tomar cuidado ao ligar um amperímetro, pois caso este equipamento seja ligado em paralelo com o circuito, por possuir uma baixa resistência, será percorrido por uma corrente elevada, podendo gerar dano ao equipamento que está realizando a medição bem como a instalação ou circuito elétrico onde estará conectado. Desta maneira, quando utilizado o multímetro para medição destes valores, recomenda-se o chaveamento da chave seletora para a posição de medição antes de conecta-lo ao circuito, evitando assim, uma ligação inadequada do aparelho de medição.

## ATIVIDADE PRÁTICA

Apresentar para os alunos os aparelhos de medição e aferir com estes instrumentos a tensão elétrica das tomadas da sala de aula.

## **AULA 07 - Instalação de lâmpadas e múltiplos sistemas acionadores (interruptores) – análise prática da resistência elétrica e das associações de resistores.**

### OBJETIVO

O experimento proposto tem como objetivo analisar e demonstrar de forma qualitativa e quantitativa a lei de ohm, efeito Joule, bem como os sistemas de instalações elétricas

residenciais, a partir da análise de ligações simples, ligações em série e paralelo de resistores e sistemas de comandos de acionamento diferenciados.

## CUIDADOS PRELIMINARES

### **ATENÇÃO!!**

O experimento será montado utilizando a rede elétrica de tensão de 220V, que poderá gerar choques elétricos caso ocorra contato com partes metálicas do circuito. Para minimizar qualquer possibilidade de acidente nunca manuseie o circuito sem antes ter a certeza que os disjuntores estão devidamente desligados e que o circuito não esteja eletrizado.

Para segurança extra, a tábua de circuitos possui um dispositivo de proteção contra choques (disjuntor DR); antes de iniciar o experimento acione o disjuntor DR (diferencial residual) e pressione o botão de teste para que ele desarme, verificando seu funcionamento.

## QUESTÕES MOTIVADORAS

Como realizar a ligação de uma lâmpada em um sistema elétrico?

Como realizar a ligação de varias lâmpadas comandadas por apenas um interruptor?

Como controlar o acionamento de uma lâmpada em mais de um ponto (dois ou mais interruptores? Onde podemos verificar esse tipo de ligação?

Quem acende os postes de iluminação pública à noite?

## INTRODUÇÃO TEÓRICA

Neste experimento serão analisadas as ligações de circuitos elétricos e interruptores, sendo abordados os tipos de associação de resistores (série e paralelo) e o Efeito Joule, utilizando lâmpadas para a análise qualitativa e quantitativa do experimento e diversos tipos de interruptores, que permitirão o comando das lâmpadas por vários pontos de controle.

Circuitos elétricos são constituídos por um conjunto de dispositivos utilizados nas instalações elétricas residenciais para controlar variáveis elétricas, tais como tensão (ddp) e corrente elétrica. Os circuitos são basicamente constituídos por:

- **CONDUTORES:** elementos de baixa resistência elétrica que servem para conduzir a corrente elétrica de um elemento a outro. Serão utilizados fios de cobre como condutores no circuito do experimento.

- **PROTEÇÃO:** dispositivos utilizados para limitar e controlar os valores de algumas grandezas no circuito. Serão utilizados como sistema de proteção: disjuntor termomagnético e disjuntor DR (Diferencial Residual).

Disjuntores são dispositivos eletromecânicos que funcionam como seccionadores da corrente elétrica para proteção da instalação elétrica na qual ele está associado. O disjuntor termomagnético gera proteção contra curto-circuito e sobre carga na instalação, desarmando eletromagneticamente para valores de correntes elétricas superiores a sua especificação e em caso de aquecimento excessivo, através de um sistema de lâminas bimetálicas (acionamento térmico). Já o disjuntor DR oferece, além das proteções de sobre carga de um disjuntor eletromagnético, uma proteção quanto a choques elétricos ou fugas de corrente, por realizar a comparação entre as correntes de fase e neutro no circuito, tendo seu desarme acionado eletromagneticamente quando a diferença de corrente elétrica for igual ou superior a 30 mA.

- **SECCIONADORES:** dispositivos utilizados para controlar o fluxo de corrente elétrica, liberando ou bloqueando o circuito elétrico. Serão utilizados chaves interruptoras simples, interruptores three-way, interruptores intermediários (four-way) e interruptores fotossensíveis (as formas de ligação serão abordadas nas aulas).

**Interruptor simples:** funciona abrindo ou fechando o circuito elétrico, possuindo dois terminais de contato para ligação de fios, onde o movimento do botão de acionamento permite que o contato entre as partes seja estabelecido ou não.

**Interruptor three-way ou paralelo:** são utilizados quando se pretende ter mais de um ponto de acionamento de lâmpadas, como em escadas, entradas de salas ou quartos. Possui três terminais para ligação de fios onde o polo central é a ligação comum e os polos externos são abertos os fechados em alternância, de forma não simultânea, conforme a movimentação da chave, permitindo uma combinação de ligações onde a instalação elétrica poderá ser comandada por mais de um ponto de controle.



Figura 12 – Interruptor simples (dois terminais para ligação de fios) e Interruptor paralelo (três terminais para ligação de fios).

**Interruptor four-way ou intermediário:** é utilizado quando se deseja um acionamento de uma carga ou lâmpada por três pontos ou mais de controle. Funciona como dois interruptores paralelos colocados lado a lado e acionados simultaneamente, chaveando os terminais em seis pontos, sendo que apenas quatro desses pontos (dois pontos externos e dois pontos centrais) são ligados diretamente no circuito elétrico e suas extremidades são interconectadas em cruz, permitindo uma combinação de ligações.



Figura 13 – Interruptor intermediário (seis terminais para ligação de fios).

- **CARGA:** dispositivos utilizados para transformar a energia elétrica do circuito. Serão utilizadas lâmpadas incandescentes de diversos valores de potência, como representação das resistências que compõem um circuito elétrico.
- **ALIMENTADOR:** dispositivos utilizados para fornecer energia elétrica ao sistema. Será utilizada a alimentação direta da rede elétrica residencial, fornecida por uma tomada de 220 V.
- **DIAGRAMA ELÉTRICO:** serve para representar os dispositivos do circuito elétrico através de símbolo gráfico, que deverá ser preenchido antes da análise dos circuitos.

## MATERIAL UTILIZADO

Bancada de madeira para ligação das lâmpadas composta por:

- 9 (nove) bocais para ligação de lâmpadas fixados na bancada
- Disjuntor de proteção contra choque (DR)
- Disjuntor termomagnético
- 2(dois) interruptores simples
- 7 (sete) interruptores three-way
- 3(três) interruptores intermediário

- 1(um) interruptor fotossensível
- Lâmpadas incandescentes de diferentes potências (100W, 60W, 40W)
- Tomada com extensão para alimentação da bancada
- Voltímetro digital e alicate amperímetro

Com os materiais listados acima foi montado a bancada que é exibida na figura 14, a bancada foi montada antes das aulas sendo utilizada para demonstração dos diferentes tipos de associação de resistores. Nas seções a seguir serão descritas as maneiras como se pode utilizar a bancada para ilustrar os diferentes tipos de associação de resistores e dos interruptores. As conexões e orientação de montagem serão mostradas por circuito conforme forem apresentadas as possibilidades de ligações disponíveis na bancada.

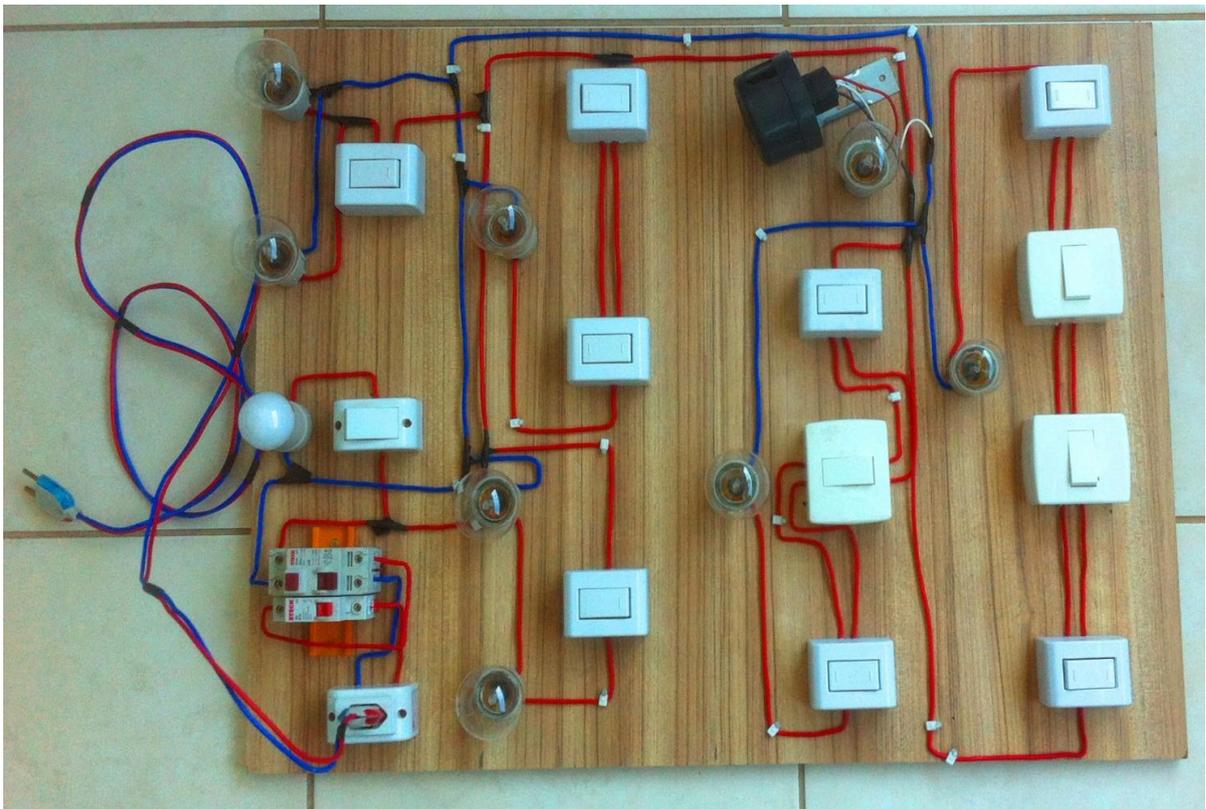


Figura 27 - Modelo da bancada de instalação elétrica com os sistemas de ligação para análise dos circuitos elétricos resistivos e associação de resistores e múltiplos acionadores de circuito – foto própria.

## SISTEMA 01 - LIGAÇÃO COM INTERRUPTOR SIMPLES

### OBJETIVO

O primeiro sistema visa o entendimento da ligação simples de uma única lâmpada acionada por um interruptor simples, verificando a diferença de brilho devido à diferença de potência das lâmpadas.

### ATIVIDADE PRÁTICA

Realizar a ligação no diagrama elétrico para o sistema representado na figura 15, identificando onde ocorrerão as conexões dos fios fase e neutro com o interruptor e com a lâmpada, localizando esta montagem na bancada, realçada pelo quadrado amarelo conforme exibida na figura 15 e diagrama de ligação exibido na figura 16.

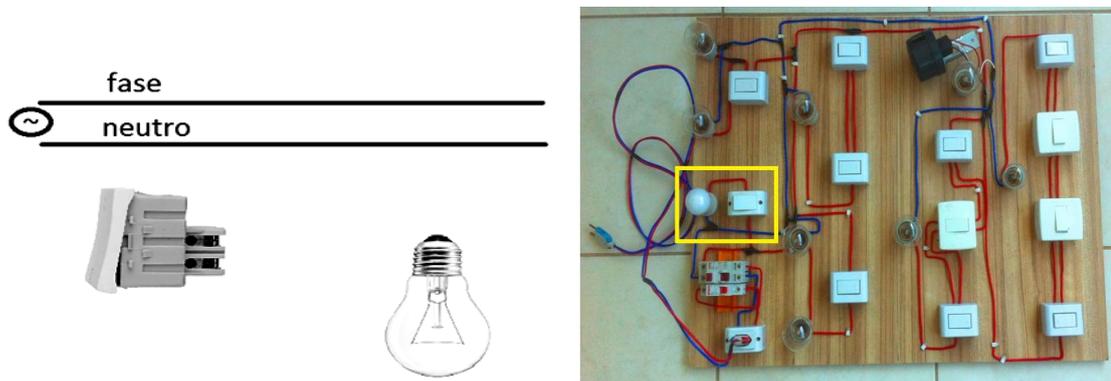


Figura 28 - Ligação simples - lâmpada e interruptor

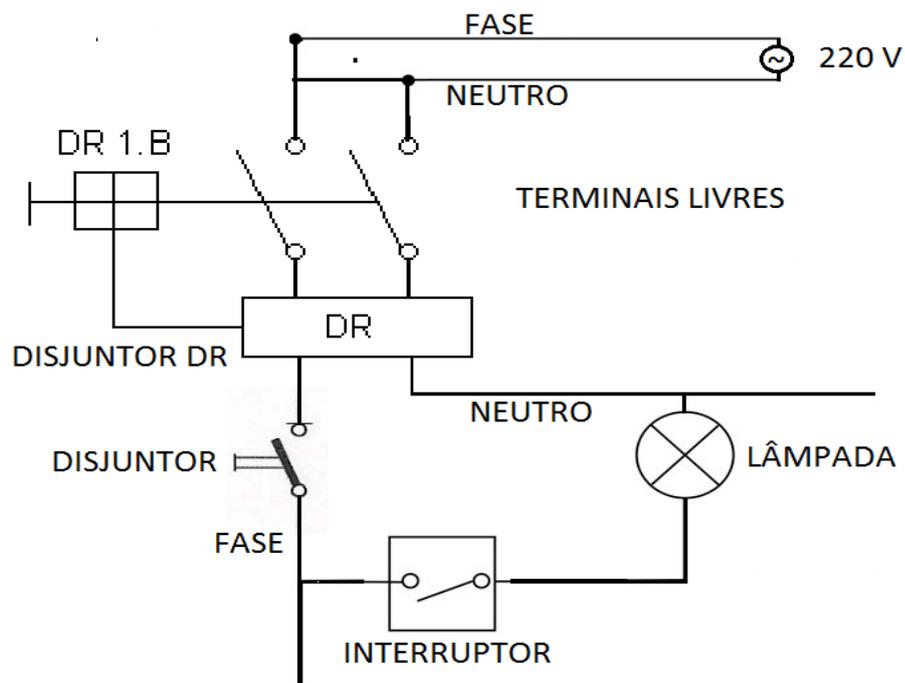


Figura 29 - Diagrama da ligação do sistema de proteção e interruptor simples acionando uma lâmpada

## MONTAGEM

- Fixar sobre a tábua de madeira o trilho do disjuntor DR e do disjuntor termomagnético, o bocal da lâmpada incandescente e o interruptor simples
- Ligar uma extensão elétrica na entrada do disjuntor DR (fase e neutro) segundo especificação do equipamento.
- Conectar a saída de neutro do disjuntor a um fio que será conectado ao bocal da lâmpada (parte da rosca)
- Conectar a saída de fase do disjuntor DR à entrada do disjuntor termomagnético e a saída do disjuntor termomagnético a um dos terminais do interruptor.
- Conectar o outro terminal do interruptor a um terminal do bocal da lâmpada (contato inferior do bocal).
- Fixar todos os fios conectores sobre a madeira utilizando fixadores de fio ou cola quente.

Comentar sobre medidas diretas (realizadas pelo voltímetro e amperímetro) e indiretas (cálculo da potência elétrica e da resistência elétrica da lâmpada).

Conectar a lâmpada de 100 W e verificar a diferença de potencial em seus terminais U (volts) e a corrente elétrica i (ampère).

Calcular assim o valor da sua resistência elétrica em funcionamento R (ohm) e da potência elétrica P (watt).

Trocar a lâmpada de 100 W por uma de 60 W e posteriormente 40 W analisando qualitativamente a intensidade de luminosidade que cada uma delas irá gerar e compara-las através de suas potências.

Medir a resistência elétrica com a lâmpada desconectada utilizando o multímetro na configuração de Ohmímetro.

Repetir o procedimento de verificação de tensão e corrente elétrica e o cálculo da resistência e potência para as lâmpadas de 60W e 40W.

Realizar uma comparação do brilho das lâmpadas e análise das resistências elétricas.

## AULA 08 – Associação de resistores em paralelo

### SISTEMA 02 - LIGAÇÃO EM PARALELO

#### OBJETIVO

Este sistema visa demonstração prática da associação em paralelo de resistores, com a conexão de duas lâmpadas em paralelo acionadas por um interruptor simples, verificando a relação de brilho com as potências e tensões das lâmpadas.

#### ATIVIDADE PRÁTICA

Realizar a ligação no diagrama elétrico para o sistema representado na figura 17, identificando onde ocorrerão as conexões dos fios fase e neutro com o interruptor e com as lâmpadas, localizando esta montagem na bancada, realçada pelo quadrado amarelo conforme exibida na figura 17 e diagrama esquemático da figura 18.

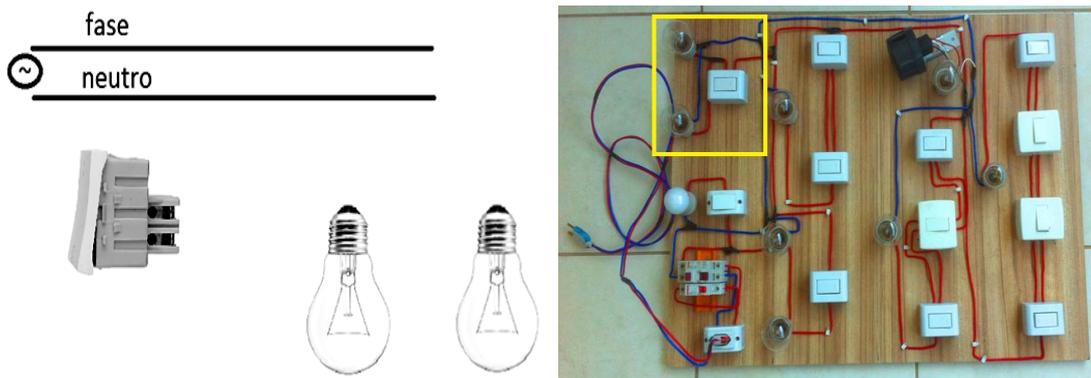


Figura 30 - Ligação de lâmpadas em paralelo

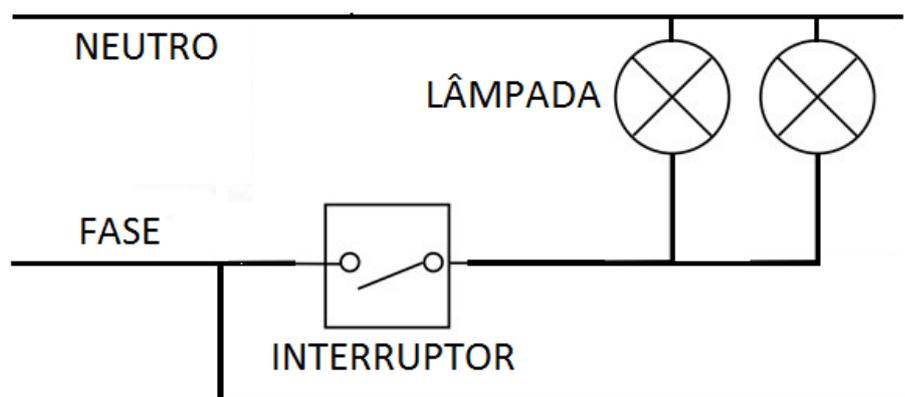


Figura 31 - Diagrama de ligação da associação de lâmpadas em paralelo

#### MONTAGEM

- Conectar o fio neutro ao bocal das duas lâmpadas (parte da rosca)
- Conectar o fio fase a um dos terminais do interruptor.

- Conectar o outro terminal do interruptor aos terminais do bocal das lâmpadas (contato inferior do bocal).
- Fixar todos os fios conectores sobre a madeira utilizando fixadores de fio ou cola quente.

Conectar duas lâmpadas de 100 W e verificar a diferença de potencial em seus terminais e a corrente elétrica passando pelas lâmpadas, calculando assim o valor das suas resistências elétricas e da potência elétrica em funcionamento.

Trocar uma das lâmpadas de 100 W por uma de 60 W e posteriormente 40 W, verificando a diferença de potencial nos terminais de cada lâmpada e a corrente elétrica que está percorrendo cada equipamento, calculando as resistências elétricas e as potências para cada tipo de ligação, analisando qualitativamente a intensidade de luminosidade que cada uma delas irá gerar e compara-las através de suas potências.

Desconectar uma das lâmpadas e verificar como o sistema se comportará na ausência desta lâmpada de forma qualitativa, comentando o que está sendo observado.

## **AULA 09 - Associação de resistores em série**

### **SISTEMA 03 - LIGAÇÃO EM SÉRIE**

#### **OBJETIVO**

Este sistema visa à demonstração prática da associação em série de resistores, com a conexão de duas lâmpadas em série acionadas por um interruptor simples, verificando a relação de brilho com as potências e tensões das lâmpadas.

#### **ATIVIDADE PRÁTICA**

Realizar a ligação no diagrama elétrico para o sistema da figura 19, identificando onde ocorrerão as conexões dos fios fase e neutro com o interruptor e com as lâmpadas, localizando esta montagem na bancada, localizando esta montagem na bancada, realçada pelo quadrado amarelo conforme exibida na figura 19 e diagrama esquemático exibido na figura 20.

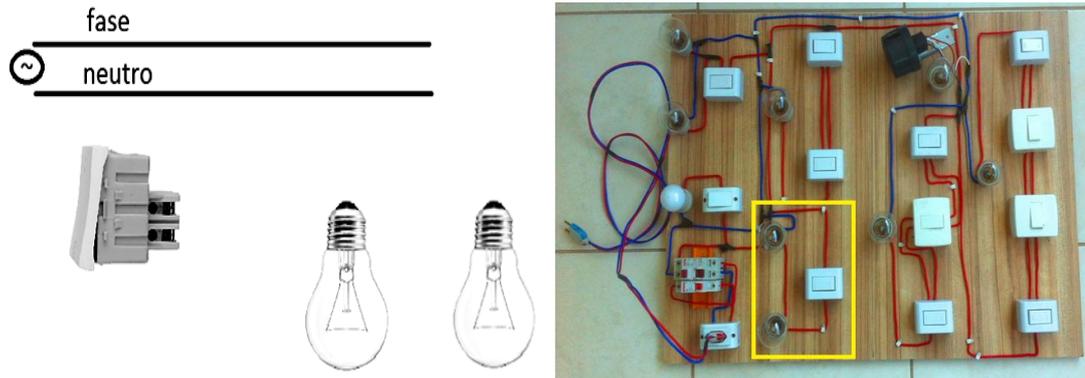


Figura 32 - Ligação de lâmpadas em série

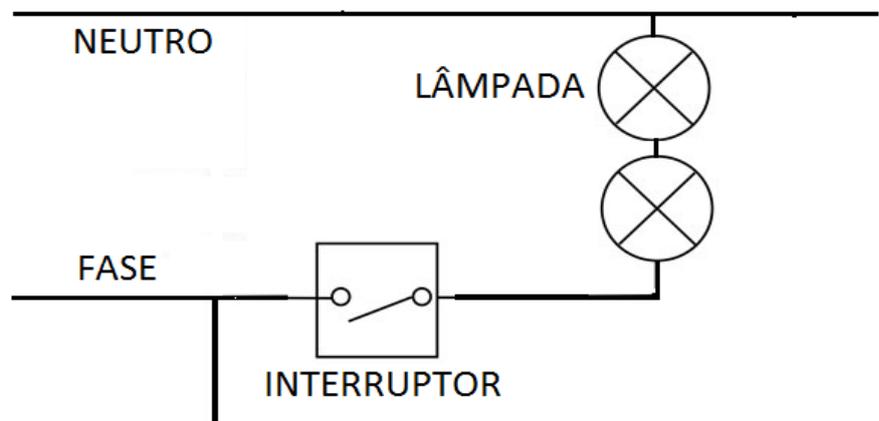


Figura 33 - Diagrama de ligação da associação de lâmpadas em série

### MONTAGEM

- Conectar o fio neutro ao bocal de uma das lâmpadas (parte da rosca)
- Conectar o outro terminal da primeira lâmpada a um terminal da segunda lâmpada
- Conectar o fio fase a um dos terminais do interruptor.
- Conectar o outro terminal do interruptor ao terminal do bocal da segunda lâmpada (contato inferior do bocal).
- Fixar todos os fios conectores sobre a madeira utilizando fixadores de fio ou cola quente.

Conectar duas lâmpadas de 100 W e verificar a diferença de potencial em seus terminais e a corrente elétrica passando pelas lâmpadas, calculando assim o valor das suas resistências elétricas em funcionamento.

Trocar uma das lâmpadas de 100 W por uma de 60 W e posteriormente 40 W, verificando a diferença de potencial nos terminais de cada lâmpada e a corrente elétrica que está percorrendo cada equipamento, analisando qualitativamente a intensidade de luminosidade que cada uma delas irá gerar e compara-las através de suas potências.

Realizar uma análise qualitativa da intensidade de luminosidade das lâmpadas.

Desconectar uma das lâmpadas e verificar como o sistema se comportará na ausência desta lâmpada de forma qualitativa, comentando o que está sendo observado.

Comparar os valores das resistências elétricas calculadas para cada uma das lâmpadas e para as diversas ligações que foram realizadas, respondendo se a lâmpada pode ser considerada um resistor de valor constante (resistência ôhmica). Caso observe diferentes valores calculados para resistência de uma mesma lâmpada, responder quais os parâmetros físicos que estão alterando este valor e porque ocorre esta alteração.

## AULA 10 - Sistema de acionamento por mais de um ponto e acionamento automático (sensor LRD - fotocélula)

### SISTEMA 04 - LIGAÇÃO COM INTERRUPTORES THREE-WAY

#### OBJETIVO

Este sistema visa à demonstração qualitativa de sistemas de acionamento por dois interruptores.

#### ATIVIDADE PRÁTICA

Realizar a ligação no diagrama elétrico para o sistema da figura 21, identificando onde ocorrerão as conexões dos fios fase e neutro com os interruptores e com a lâmpada, localizando esta montagem na bancada, realçada pelo quadrado amarelo conforme exibida na figura 21 e diagrama esquemático exibido na figura 22.

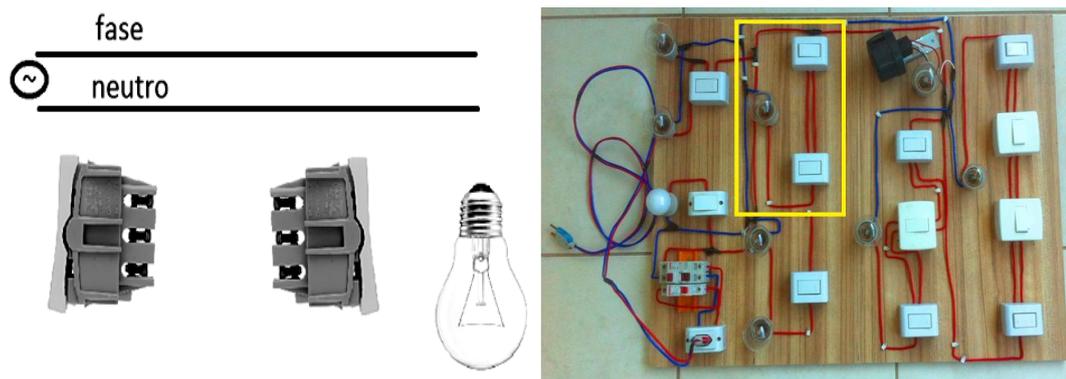


Figura 34 - Ligação de interruptores paralelos

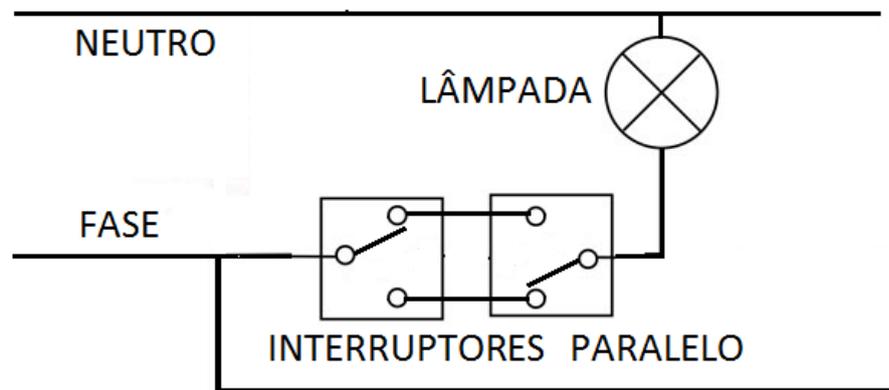


Figura 35 - Diagrama de ligação de interruptores paralelos

### MONTAGEM

- Conectar o fio neutro ao bocal da lâmpada (parte da rosca)
- Conectar o fio fase ao terminal central de um interruptor paralelo
- Conectar os terminais laterais do interruptor paralelo aos terminais laterais do outro interruptor paralelo
- Conectar o outro terminal central do segundo interruptor paralelo ao terminal do bocal da lâmpada (contato inferior do bocal).
- Fixar todos os fios conectores sobre a madeira utilizando fixadores de fio ou cola quente.

Identificar exemplos do cotidiano onde esta situação poderá ser aplicada.

Analisar o caminho percorrido pela corrente elétrica ao passar de um interruptor para outro e para a lâmpada, identificando as possíveis combinações para acionamento e desligamento do circuito.

## SISTEMA 05 - LIGAÇÃO COM INTERRUPTOR INTERMEDIÁRIO

### OBJETIVO

Este sistema visa à compreensão de sistemas de acionamento por três pontos ou três interruptores.

### ATIVIDADE PRÁTICA

Realizar a ligação no diagrama elétrico para o sistema da figura 23, identificando onde ocorrerão as conexões dos fios fase e neutro com os interruptores e com a lâmpada,

localizando esta montagem na bancada, realçada pelo quadrado amarelo conforme exibida na figura 23 e no diagrama esquemático da figura 24.

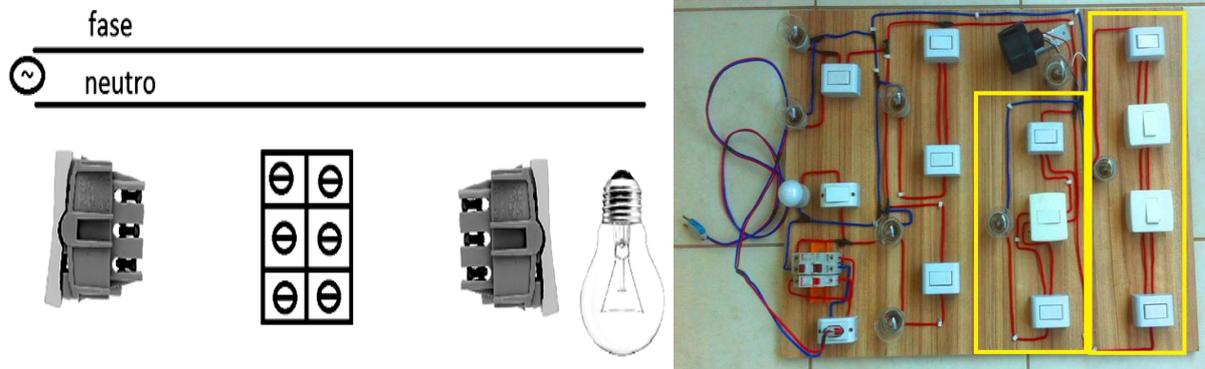


Figura 36 - Ligação de interruptores intermediários - três pontos.

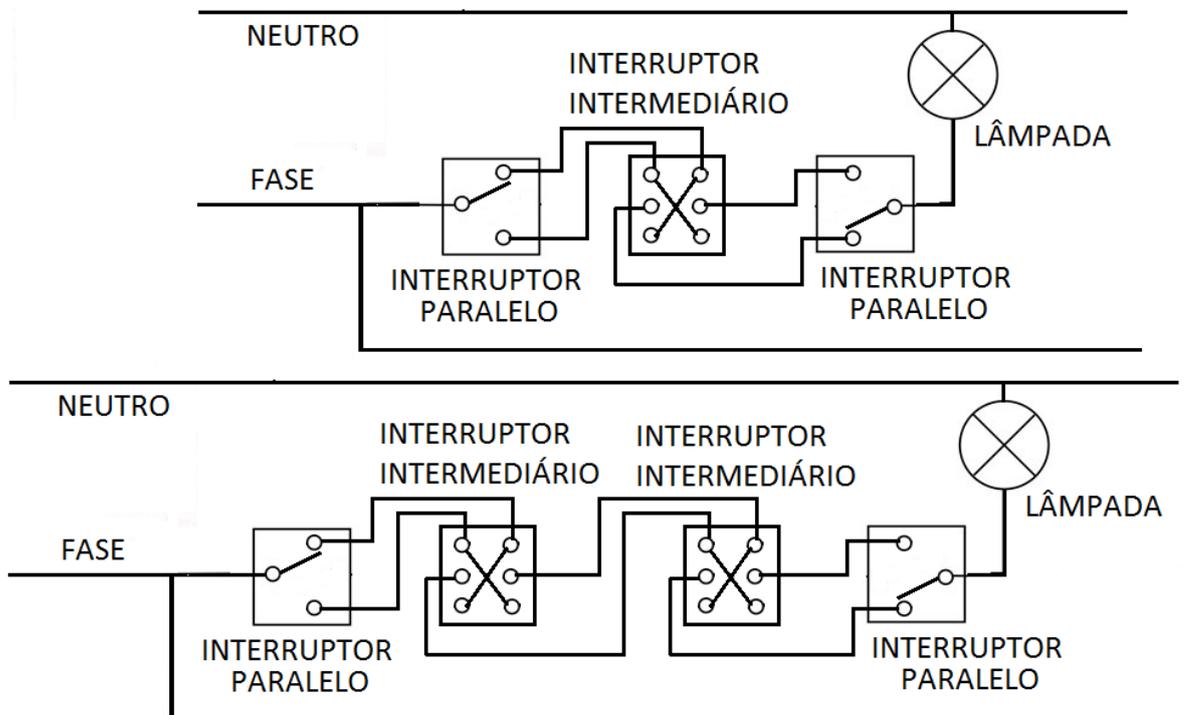


Figura 37 - Diagrama de ligação de interruptores intermediários - três e quatro pontos.

### MONTAGEM

- Conectar o fio neutro ao bocal da lâmpada (parte da rosca)
- Conectar o fio fase ao terminal central de um interruptor paralelo
- Conectar os terminais laterais do interruptor paralelo aos terminais superiores do interruptor intermediário.
- Conectar os terminais centrais do interruptor intermediário aos terminais laterais do outro interruptor paralelo

- Conectar o outro terminal central do segundo interruptor paralelo ao terminal do bocal da lâmpada (contato inferior do bocal).
- Fixar todos os fios conectores sobre a madeira utilizando fixadores de fio ou cola quente.

Identificar exemplos do cotidiano onde esta situação poderá ser aplicada.

Analisar o caminho percorrido pela corrente elétrica ao passar de um interruptor para outro e para a lâmpada, identificando as possíveis combinações para acionamento e desligamento do circuito.

## SISTEMA 06 - LIGAÇÃO COM INTERRUPTOR FOTOSENSÍVEL

### OBJETIVO

Este sistema visa à demonstração de sistemas de acionamento por interruptor sensível a luz.

### ATIVIDADE PRÁTICA

Observar a ligação no diagrama elétrico para o sistema exibido na figura 25, identificando onde ocorrerão as conexões dos fios fase e neutro com os interruptores e com a lâmpada, localizando esta montagem na bancada realçada pelo quadrado amarelo conforme exibida na figura 25.

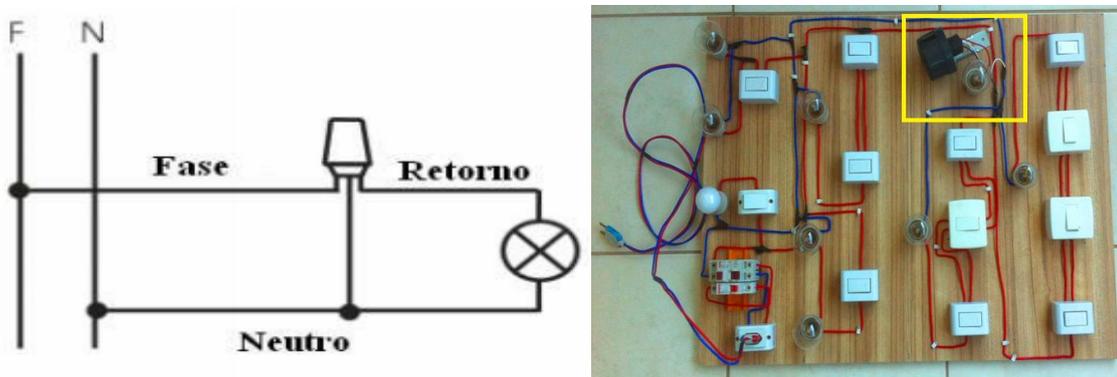


Figura 38 - Ligação de sensor de luminosidade

Fio branco – Neutro

Fio preto – Fase

Fio vermelho – direto na carga (lâmpada)

Identificar exemplos do cotidiano onde esta situação poderá ser aplicada.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BISQUOLO, P. A. (s.d.). *Resistência elétrica, resistividade e leis de Ohm*. Acesso em 23 de 01 de 2017, disponível em Educação: <http://educacao.uol.com.br/fisica/ult1700u46.jhtm>

Griffiths, D. J. (terceira edição). *Introduction to Eledrodynamics*.

HALLIDAY, D. R. (2004). *Física 3, volume 2*. Rio de Janeiro: editora LTC.

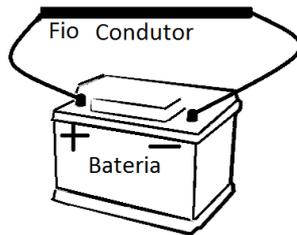
Hewitt, P. G. (9º Edição). *Física Conceitual*.

PRYSMIAN. (s.d.). *PRYSMIAN – INSTALAÇÕES ELÉTRICAS RESIDENCIAIS*. Acesso em 18 de 05 de 2016, disponível em [HTTP://BR.PRYSMIANGROUP.COM/BR/FILES/MANUAL\\_INSTALACAO.PDF](HTTP://BR.PRYSMIANGROUP.COM/BR/FILES/MANUAL_INSTALACAO.PDF)

## ANEXOS

### ANEXO I - PRÉ-TESTE - 01

Questão 01 – Um fio condutor é conectado aos terminais de uma bateria, conforme a figura abaixo.



- e) Qual a orientação do campo elétrico estabelecido no fio condutor?
- f) Que tipos de partículas se movimentarão no fio condutor?
- g) Qual o conceito de corrente elétrica, observando o modelo de ligação da figura?
- h) Qual será o sentido convencional da corrente elétrica?

Questão 02 – A respeito da corrente elétrica responda os itens a seguir.

- f) Quais as condições necessárias para se estabelecer uma corrente elétrica?
- g) Qual é a unidade de medida de corrente elétrica pelo Sistema Internacional (S.I.)?
- h) Quais são as partículas portadoras de carga elétrica em um condutor sólido?
- i) Quais são as partículas portadoras de cargas elétricas em condutores líquidos e gasosos?
- j) Os prótons e nêutrons podem ser considerados como portadores de carga em uma corrente elétrica? Porque?

Questão 03 – Cite três exemplos de ocorrência de corrente elétrica e seus efeitos dentro dos exemplos citados.

Questão 04 – Observando uma tomada residencial padrão em Brasília verificaremos que ele é uma tomada de 220 volts e 60 Hz.

- e) Quais são as grandezas físicas que estão sendo comentadas?
- f) O que elas representam na instalação elétrica?

- g) Qual a diferença entre a tomada de uma instalação residencial e uma bateria de um carro?
- h) O que é corrente contínua e corrente alternada?

Questão 05 – Em alguns estados brasileiros as tomadas são de 110 volts, em outros, 220 volts. Comparando uma Lâmpada 01 (110 volts – 60 watts) com uma Lâmpada 02 (220 volts – 60 watts), responda:

- e) Qual a lâmpada que consumirá mais energia elétrica da rede de distribuição?
- f) Qual a lâmpada que será percorrida por uma corrente elétrica maior?
- g) O que ocorrerá se ligarmos a lâmpada 01 em uma tomada de 220 volts?
- h) O que ocorrerá se ligarmos a Lâmpada 02 em uma tomada de 110 volts?

## ANEXO II - PRÉ-TESTE - 02

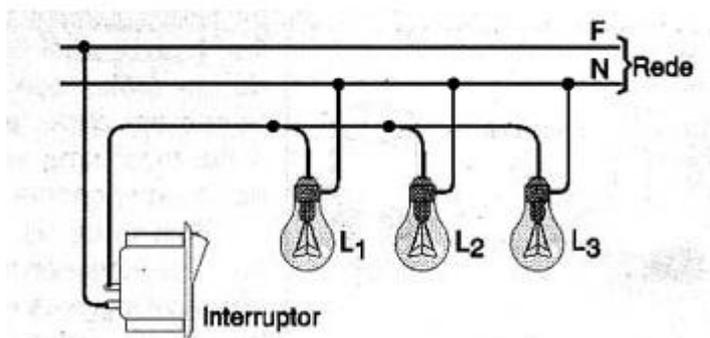
Questão 01 - Sobre aparelhos elétricos ligados a sistema de instalação elétrica responda.

- e) O que é uma resistência elétrica?
- f) Como o ferro de passar roupa funciona?
- g) Comparando um chuveiro elétrico, um ferro de passar roupa e uma lâmpada, qual consome mais energia elétrica e qual consome menos energia elétrica?
- h) Quando mudamos a chave de controle do chuveiro (verão – inverno) estamos modificando qual parâmetro físico do aparelho?

Questão 02 - Associe as grandezas físicas as suas respectivas unidades de medida:

- |                      |     |                      |
|----------------------|-----|----------------------|
| f) ENERGIA           | ( ) | quilowatt (kW)       |
| g) POTÊNCIA          | ( ) | volt (V)             |
| h) VOLTAGEM          | ( ) | ampère (A)           |
| i) CORRENTE ELÉTRICA | ( ) | joule (J)            |
| j) RESISTÊNCIA       | ( ) | quilowatt-hora (kWh) |
|                      | ( ) | watt (W)             |
|                      | ( ) | ohm ( $\Omega$ )     |

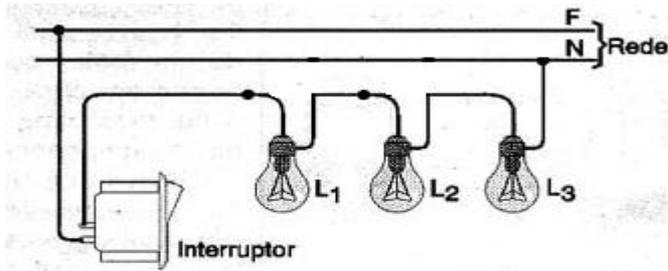
Questão 03 - Ligando três lâmpadas idênticas  $L_1 = L_2 = L_3 = (60 \text{ W} - 220\text{V})$  em uma associação como representada abaixo, onde a diferença de potencial entre a fase (F) e o neutro (N) é de 220 volts responda:



- e) Qual será a diferença de potencial elétrico nos terminais de cada uma das lâmpadas?
- f) Se a lâmpada do meio ( $L_1$ ) queimar o que acontecerá com o brilho das outras lâmpadas?
- g) Se a lâmpada do meio ( $L_3$ ) queimar o que acontecerá com o brilho das outras lâmpadas?

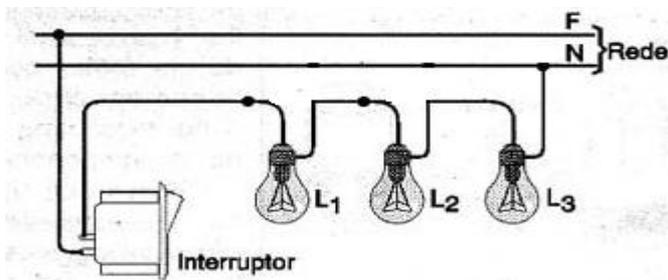
- h) Se fossemos substituir as três lâmpadas por uma única, qual deverá ser a especificação da lâmpada utilizada na substituição?

Questão 04 - Ligando três lâmpadas idênticas  $L_1 = L_2 = L_3 = (60 \text{ W} - 220\text{V})$  em uma associação como representada abaixo, onde a diferença de potencial entre a fase (F) e o neutro (N) é de 220 volts responda:



- e) Qual será a diferença de potencial elétrico nos terminais de cada uma das lâmpadas?  
 f) Se a lâmpada do meio ( $L_1$ ) queimar o que acontecerá com o brilho das outras lâmpadas?  
 g) Se a lâmpada do meio ( $L_3$ ) queimar o que acontecerá com o brilho das outras lâmpadas?  
 h) Se fossemos substituir as três lâmpadas por uma única, qual deverá ser a especificação da lâmpada utilizada na substituição?

Questão 05 - Ligando três lâmpadas idênticas  $L_1 = (40 \text{ W} - 220\text{V})$ ,  $L_2 = (60 \text{ W} - 220\text{V})$  e  $L_3 = (100 \text{ W} - 220\text{V})$  em uma associação como representada abaixo, onde a diferença de potencial entre a fase (F) e o neutro (N) é de 220 volts responda:

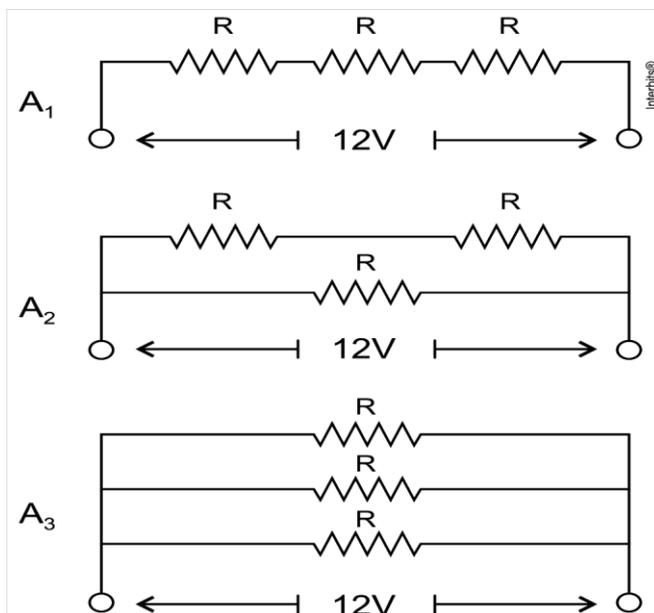


- c) Qual será a diferença de potencial elétrico nos terminais de cada uma das lâmpadas?  
 d) Qual lâmpada apresentará um brilho mais intenso? E qual brilhará com menor intensidade?

### ANEXO III - PÓS-TESTE

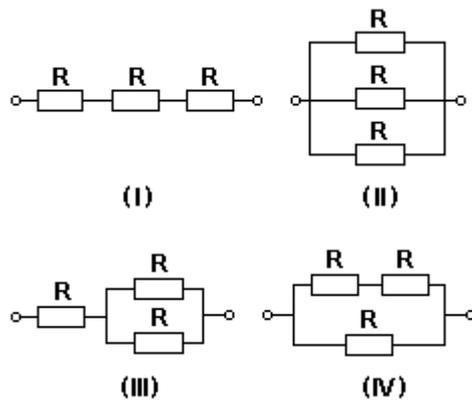
#### QUESTÕES

(Uem-pas 2016) Três resistores, de mesmas características, são colocados em série e esse arranjo  $A_1$  é submetido a uma tensão de 12 V. Nessas condições, observa-se que o conjunto dissipa 3 W. Um dos resistores é retirado e colocado em paralelo com outros dois remanescentes, configurando o arranjo  $A_2$ , que também é submetido a 12 V. Finalmente, os três resistores são colocados em paralelo formando o arranjo  $A_3$  sujeito a 12 V.



- 21.(C)(E) A resistência equivalente no arranjo  $A_1$  é  $48\Omega$ .
- 22.(C)(E) A corrente total que passa pelo arranjo  $A_2$  é de aproximadamente 0,2 A.
- 23.(C)(E) O arranjo  $A_2$  dissipa aproximadamente 1,2 W.
- 24.(C)(E) A corrente total que passa pelo arranjo  $A_3$  vale 1,0 A.
- 25.(C)(E) As potências dissipadas nos três arranjos satisfazem  $P_{A_1} < P_{A_2} < P_{A_3}$ .

(Ufal 1999) Considere as associações de três resistores iguais, representados a seguir.



Analise as afirmações que seguem.

**26.(C)(E)** A associação com maior resistência equivalente é a I.

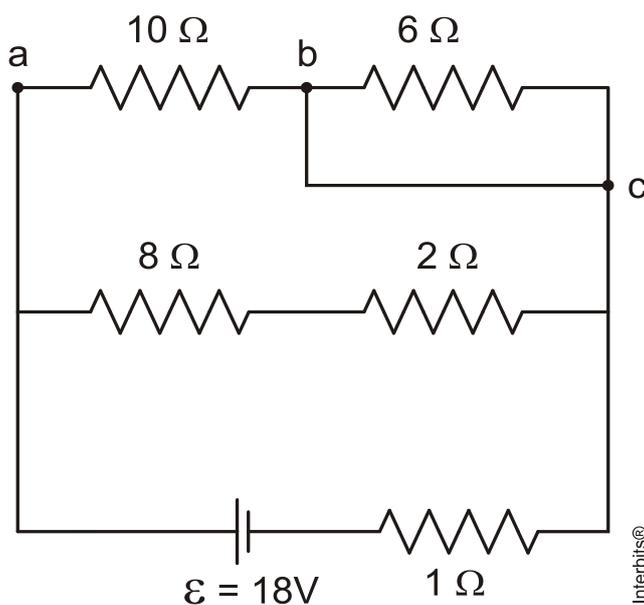
**27.(C)(E)** A associação com menor resistência equivalente é a II. .

**28.(C)(E)** Se todas as associações forem percorridas pela mesma corrente total, a que dissipará maior potência será a I. .

**29.(C)(E)** Se todas as associações forem submetidas a mesma ddp, a que dissipará maior potência será a II.

**30.(C)(E)** A resistência equivalente da associação (III) é igual à da associação (IV)

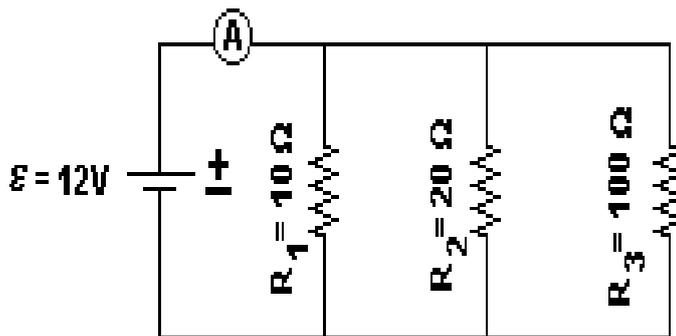
(Upe 2011) No circuito elétrico a seguir, considere um gerador de diferença de potencial igual a  $\varepsilon = 18V$  e resistência interna igual a  $1\Omega$ . As resistências dos condutores de alimentação são desprezíveis.



Analise as afirmativas a seguir e conclua.

- 31.(C)(E)** A resistência equivalente entre os pontos **a** e **c** do circuito vale  $5\Omega$ .
- 32.(C)(E)** A corrente elétrica que circula no gerador tem intensidade igual a 3A.
- 33.(C)(E)** A potência dissipada pelo resistor colocado entre os pontos **a** e **b** do circuito (10 ohms) é igual à soma da potência dissipada pelos resistores colocados entre os pontos **a** e **c** do circuito (**8 ohms e 2 ohms**).
- 34.(C)(E)** A diferença de potencial elétrico entre os pontos **a** e **c** vale 18 V.
- 35.(C)(E)** A resistência equivalente de todo o circuito vale 27 ohms.

(Uepg 2001) Sobre as diferentes intensidades de corrente que são possíveis no circuito a seguir, conforme os resistores que se encontrem conectados a ele, assinale as afirmativas em correto (C) ou errado (E).

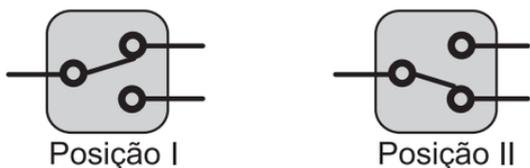


- 36.(C)(E)** Estando conectados ao circuito apenas  $R_1$  e  $R_3$ , a intensidade da corrente, indicada no amperímetro, é 0,6 A.
- 37.(C)(E)** Estando conectado ao circuito apenas  $R_1$ , a intensidade da corrente é 1,2 A.
- 38.(C)(E)** Estando conectados ao circuito  $R_1$ ,  $R_2$  e  $R_3$ , a intensidade da corrente, indicada no amperímetro, é 1,92 A.
- 39.(C)(E)**  $R_1$ ,  $R_2$  e  $R_3$  impõem ao circuito uma intensidade de corrente igual a 0,09 A.
- 40.(C)(E)** Estando conectados ao circuito apenas  $R_1$  e  $R_2$ , eles lhe impõem uma intensidade de corrente, indicada no amperímetro, igual a 1,8 A.

**21. ENEM 2012 (adaptada)**

Para ligar ou desligar uma mesma lâmpada a partir de dois interruptores, conectam-se os interruptores para que a mudança de posição de um deles faça ligar ou desligar a lâmpada, não importando qual a posição do outro. Esta ligação é conhecida como interruptores paralelos. Este interruptor é uma chave de duas posições constituída por um polo e dois terminais,

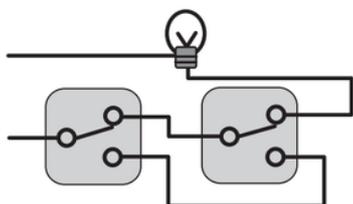
conforme mostrado nas figuras de um mesmo interruptor. Na Posição I a chave conecta o polo ao terminal superior, e na Posição II a chave o conecta ao terminal inferior.



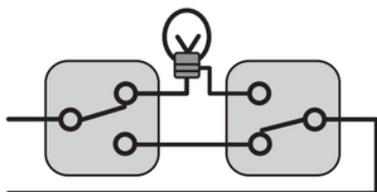
(Questão 73 do Enem 2012 - Foto: Reprodução Enem)

O circuito que cumpre a finalidade de funcionamento descrita no texto é:

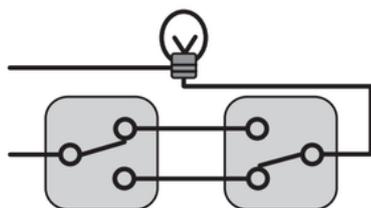
E.( )



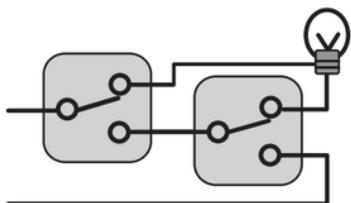
F.( )



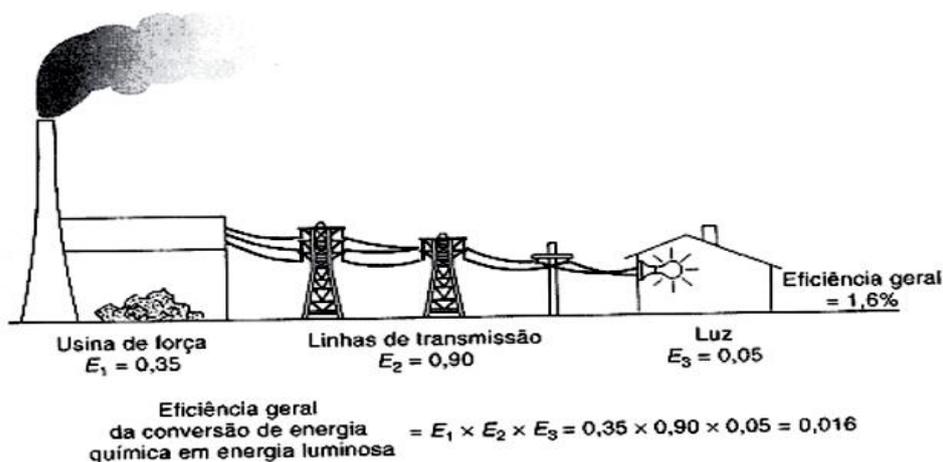
G.( )



H.( )



A eficiência de um processo de conversão de energia é definida como a razão entre a produção de energia ou trabalho útil e o total de entrada de energia no processo. A figura mostra um processo com diversas etapas. Nesse caso, a eficiência geral será igual ao produto das eficiências das etapas individuais. A entrada de energia que não se transforma em trabalho útil é perdida sob formas não utilizáveis (como resíduos de calor).



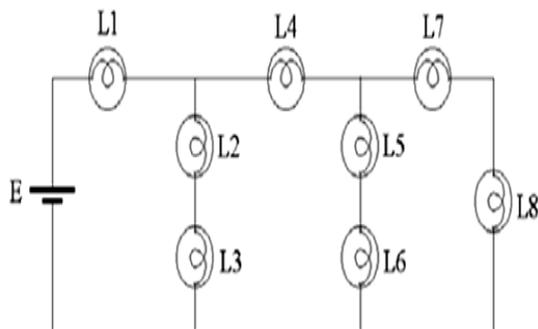
(HINRICHS, R. A. Energia e Meio Ambiente. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003 (adaptado). (Foto: Reprodução/Enem)

Aumentar a eficiência dos processos de conversão de energia implica economizar recursos e combustíveis. Das propostas seguintes, qual resultará em maior aumento da eficiência geral do processo?

- E.( ) Utilizar lâmpadas incandescentes, que geram pouco calor e muita luminosidade.
- F.( ) Aumentar a quantidade de combustível para queima na usina de força.
- G.( ) Utilizar cabos com menor diâmetro nas linhas de transmissão a fim de economizar o material condutor
- H.( ). Utilizar materiais com melhores propriedades condutoras nas linhas de transmissão e lâmpadas fluorescentes nas moradias.

### 23. ENEM 2009 (adaptada)

Considere a seguinte situação hipotética: ao preparar o palco para a apresentação de uma peça de teatro, o iluminador deveria colocar três atores sob luzes que tinham igual brilho e os demais, sob luzes de menor brilho. O iluminador determinou, então, aos técnicos, que instalassem no palco oito lâmpadas incandescentes com a mesma especificação (L1 a L8), interligadas em um circuito com uma bateria, conforme mostra a figura.



Circuito com bateria (Foto: Reprodução/ENEM)

Nessa situação, quais são as três lâmpadas que acendem com o mesmo brilho por apresentarem igual valor de corrente fluindo nelas, sob as quais devem se posicionar os três atores?

E. ( ) L1, L2 e L3

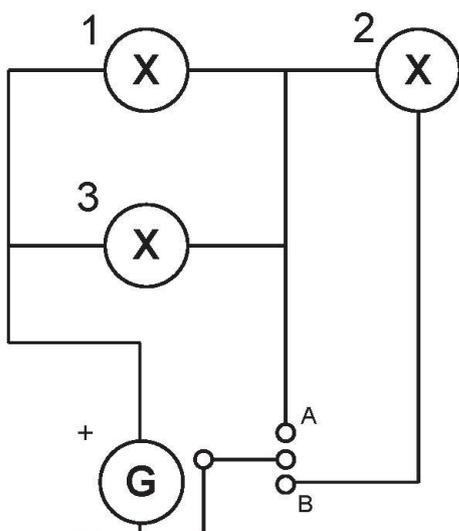
F. ( ) L2, L3 e L4.

G. ( ) L2, L5 e L7.

H. ( ) L4, L5 e L6.

**24. ENEM 2014 (adaptada)**

Um sistema de iluminação foi construído com um circuito de três lâmpadas iguais conectadas a um gerador (G) de tensão constante. Esse gerador possui uma chave que pode ser ligada nas posições A ou B.



Considerando o funcionamento do circuito dado, a lâmpada 1 brilhará mais quando a chave estiver na posição

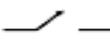
- E.( ) A, pois a resistência equivalente será menor nesse caso.  
 F.( ) A, pois a potência dissipada pelo gerador será menor nesse caso.  
 G.( ) B, pois o gerador fornecerá uma maior tensão nesse caso.  
 H.( ) B, pois a potência total será maior nesse caso.

## 25. ENEM 2015

Um estudante, precisando instalar um computador, um monitor e uma lâmpada em seu quarto, verificou que precisaria fazer a instalação de duas tomadas e um interruptor na rede elétrica. Decidiu esboçar com antecedência o esquema elétrico.

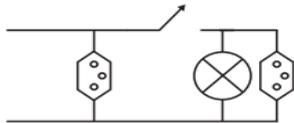
“O circuito deve ser tal que as tomadas e a lâmpada devem estar submetidas à tensão nominal da rede elétrica e a lâmpada deve poder ser ligada ou desligada por um interruptor sem afetar os outros dispositivos” — pensou.

**Símbolos adotados:**

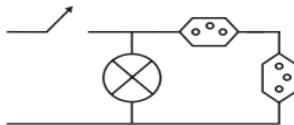
**Lâmpada:**  **Tomada:**  **Interruptor:** 

Qual dos circuitos esboçados atende às exigências?

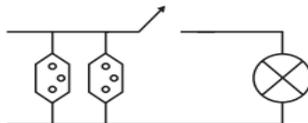
E.( )



F.( )



G.( )



H.( )

