

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE  
INSTITUTO DE MATEMÁTICA, ESTATÍSTICA E FÍSICA  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA  
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA – MNPEF – POLO 21**

**SEQUÊNCIA INVESTIGATIVA EM CIRCUITOS  
ELÉTRICOS NO ENSINO MÉDIO**

**Edilson da Silva Torma**

Orientador  
Prof. Dr. Valmir Heckler

Coorientadora  
Prof.<sup>a</sup> MSc. Eliane Cappelletto

**Rio Grande  
Dezembro de 2015**

# SUMÁRIO

<b>1. APRESENTAÇÃO.....</b>	<b>3</b>
<b>2. QUADRO SÍNTESE DAS AULAS.....</b>	<b>4</b>
<b>2.1 AULA 1 .....</b>	<b>5</b>
<b>2.2 AULA 2 .....</b>	<b>7</b>
<b>2.3 AULA 3 .....</b>	<b>12</b>
<b>2.4 AULA 4 .....</b>	<b>16</b>
<b>2.5 AULA 5 .....</b>	<b>17</b>
<b>2.6 AULA 6 .....</b>	<b>21</b>
<b>2.7 AULA 7 .....</b>	<b>24</b>
<b>2.8 AULA 8 .....</b>	<b>29</b>
<b>2.9 AULA 9 .....</b>	<b>34</b>
<b>2.10 AULA 10 .....</b>	<b>39</b>
<b>2.11 AULA 11 .....</b>	<b>43</b>
<b>2.12 AULA 12 .....</b>	<b>44</b>
<b>2.13 AULA 13 .....</b>	<b>45</b>

## 1. APRESENTAÇÃO

Apresento esta sequência investigativa em circuitos elétricos no ensino médio como produto educacional desenvolvido no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), no Polo 21, sediado na Universidade Federal do Rio Grande (FURG).

O material proposto é constituído de aulas que envolvem uma série de atividades experimentais, articuladas a momentos históricos da eletricidade, questões abertas e o trabalho dos estudantes em pequenos grupos. Centrado no envolvimento do aluno na sala de aula, esse conjunto de atividades busca permitir que ele se torne um dos protagonistas nos processos de ensino e da aprendizagem.

Frente à perspectiva metodológica assumida neste trabalho, sugiro que o professor atue como orientador em cada uma das aulas descritas neste produto. Visualizo ser esse o meio de ampliar os debates com os pensamentos expressos pelos próprios estudantes, em torno das situações-problema. Nesse sentido, as atividades sugeridas a eles são pontos de partida para que comuniquem os seus conhecimentos prévios, possam gerar hipóteses e testá-las a partir de intervenções experimentais. Observei, ao longo da implementação deste produto em sala de aula, que essa é uma forma de aproximar e instigar os estudantes ao estudo dos conceitos de eletricidade em circuitos elétricos.

As aulas que aqui apresento estão estruturadas em forma de módulos, em folhas que constituem um caderno, mas que podem ser impressas em separado e entregues gradativamente aos estudantes. Essa é uma medida que aplicada no cotidiano das aulas possibilita desenvolver com maior profundidade conceitual a sequência investigativa de forma que o estudante não queira “pular” etapas.

Apresento a seguir um quadro síntese das atividades propostas e do tempo médio necessário para a aplicação e conclusão de cada uma das aulas. Registro, desta forma, que os colegas professores do ensino de física podem utilizar o material de acordo com suas necessidades.

## 2. QUADRO SÍNTESE DAS AULAS

No Quadro 1 sintetizo os módulos do produto educacional que está organizado em 13 aulas, com uma sugestão do tempo necessário para a aplicação das mesmas. Nas próximas páginas, intercalando com as aulas, disponibilizo a descrição de cada uma e também comentários com orientações aos professores.

**Quadro1 - Síntese das atividades e horas-aula necessárias à implementação do produto.**

<b>Aula</b>	<b>Atividade</b>	<b>Horas-aula</b>
Aula 01	Desafio Inicial: Montagem de um circuito elétrico	2
Aula 02	Abordagem histórica Thomas Edison e Atividade Experimental I	2
Aula 03	Multímetro, Atividade Teórica I e Atividade Experimental II	2
Aula 04	Vídeo A FAÍSCA	2
Aula 05	Atividade Experimental III, IV, V e VI	4
Aula 06	Atividade Experimental VII	1
Aula 07	Atividade Experimental VIII	2
Aula 08	Atividade Experimental IX	2
Aula 09	Atividade Experimental X e XI	2
Aula 10	Teste Conceitual	2
Aula 11	Atividade Experimental XII	2
Aula 12	Vídeo A ERA DA INVENÇÃO	2
Aula 13	Atividade Projeto Dimensionamento de Disjuntores	1
	Total	26 horas-aula

## 2.1 AULA 1

A fim de promover interação social entre os estudantes e troca de conhecimento entre eles, em todas as aulas descritas nos módulos subsequentes os alunos estão reunidos em pequenos grupos na sala de aula.

A sequência investigativa inicia com o desafio de tentar ligar uma lâmpada incandescente de 2,5 V utilizando uma pilha de 1,5 V e um fio condutor. Tendo em vista que a grande maioria dos estudantes de 3º Ano do Ensino Médio possuem celulares com câmera, existem quadros no corpo do trabalho que servem para a inserção de fotos que registram as tentativas dos estudantes de ligar uma lâmpada com o material fornecido. Manusear esses elementos, que constituem um circuito simples, permite criar a primeira experiência de circuito fechado em que o estudante precisa entender que a corrente elétrica precisa entrar e sair das pilhas, entrar e sair das lâmpadas. É o caminho fechado que faz a lâmpada acender.

O Quadro 2 ilustra o material necessário, por grupo, para a realização desta atividade. Nele estão listadas as especificações técnicas das pilhas, da lâmpada e do suporte utilizados nas atividades experimentais aqui descritas. Em minha pesquisa, encontrei lâmpadas E10 com rosca de 2,5 V, que são mais indicadas, visto que nas aulas seguintes conectamos duas pilhas em série para trabalhar nos circuitos.

**Quadro2 - Principais materiais utilizados nos experimentos da Aula 1.**

<b>Imagem</b>	<b>Descrição</b>
	Uma pilha de 1,5 V
	Uma lâmpada com rosca E10 2,5 V 250 mA
	Dois cabos com jacarés em cada ponta
	Um suporte para lâmpada com rosca E10
	Led

# Desafio

## Atenção!

O grupo recebeu um fio, uma pilha e uma lâmpada incandescente utilizada em lanternas.



Fig. 1 - Material entregue para realização do desafio.

**Você tem 5 minutos!**

1°) Tente ligar a lâmpada e, para cada tentativa, registre tirando uma foto.

2°) Insira a(s) foto(s) no(s) campo(s) indicado(s):






3°) Se o grupo teve dificuldades em realizar a primeira tarefa, peça a seu professor mais um fio e retome o desafio, não se esquecendo de registrar a(s) sua(s) tentativa(s):



--	--



4°) Tente ligar a lâmpada utilizando um suporte com rosca.

	Registro da tentativa
	(foto)

5°) Se o grupo ainda não conseguiu completar o primeiro desafio, analise os contatos metálicos do suporte e as conexões presentes na lâmpada e retome a atividade tentando ligá-la sem o suporte com apenas um fio.

6°) Responda:

a) O grupo teve alguma dificuldade para completar o primeiro desafio? Faça um relato dessa atividade.

---



---

b) Algum componente do grupo já teve antes alguma experiência prática com eletricidade?

---



---

d) O que vocês acharam da atividade de ligar uma lâmpada? Fazê-la funcionar é uma tarefa simples? Explique.

---



---

7°) Tente ligar um led e, para cada tentativa, registre tirando uma foto.



--	--



8°) Qual foi a dificuldade encontrada pelo grupo agora? Explique.

---



---

## 2.2 AULA 2

Nesta aula o estudante deve ler um pequeno trecho da história da construção e implementação da lâmpada elétrica. Esta história relata o problema que Thomas Alva Edison enfrentou para fazer funcionar as 400 lâmpadas encomendadas pelos seus patrocinadores.

Para responder tal pergunta, esta aula da sequência investigativa foi dividida em três momentos que são: Construindo Hipóteses I, Atividade Experimental I e Desafio! A seguir descrevo brevemente o que se espera em cada um deles.

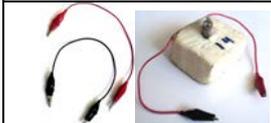
### Construindo Hipóteses I

Nesta etapa da aula, os estudantes, em grupo, vão analisar três circuitos em série e prever o brilho das lâmpadas na tentativa de responder ao problema enfrentado por Edison.

### Atividade Experimental I

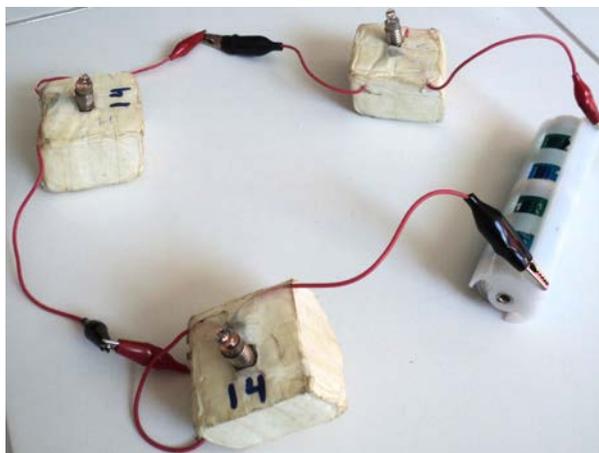
Após as previsões, os estudantes vão construir os circuitos analisados na etapa anterior utilizando os materiais listados no Quadro 3.

**Quadro 3 - Principais materiais utilizados nos experimentos da Aula 2.**

Imagem	Descrição
	Duas pilhas grandes de 1,5 V
	Um suporte para duas pilhas grandes de 1,5 V
	Três lâmpadas com rosca E10 2,5 V 250 mA
	Três suportes de lâmpada com rosca E10
	Seis cabos com jacarés em cada ponta ou Três conjuntos de suportes com cabos conectados

Com o propósito de facilitar o uso dos materiais na construção dos circuitos, elaborei um suporte com dois fios soldados e o coloquei no interior de uma placa de isopor, fechando com fita crepe para dar acabamento. Nas outras duas pontas soldei os

jacarés que podem ser encontrados em lojas de equipamentos eletrônicos. Esse conjunto, que é observado nas fotos que compõem a dissertação, está reproduzido na Figura 2.



**Fig. 2 - Circuito utilizando suportes caseiros para lâmpadas com cabos soldados.**

Utilizando esses materiais, os estudantes poderão construir os circuitos indicados na primeira atividade e responder as perguntas que seguem, para as quais faço um breve comentário para auxiliar o professor durante a aplicação deste material.

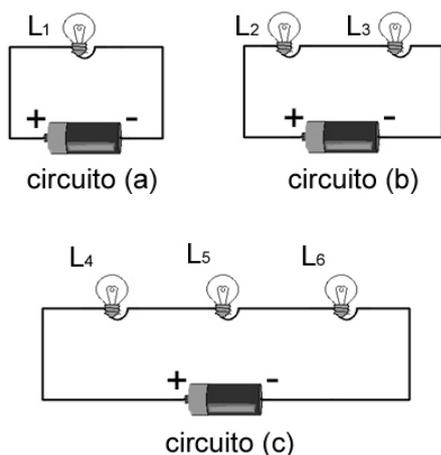
**I) O que acontece com o brilho das lâmpadas cada vez que se adiciona uma lâmpada *em série* ao circuito?**

Espera-se que os estudantes percebam que para cada lâmpada adicionada *em série*, o brilho de todas fica menor. Nesta etapa, não se espera que eles saibam a causa, ou seja, não se fala em divisão de tensão ou aumento de resistência elétrica. O objetivo é simplesmente que eles percebam que essa é uma das dificuldades que Thomas Edison e sua equipe de engenheiros enfrentaram para conseguir finalizar o projeto da lâmpada elétrica. Lembre-se que esse material é uma sequência investigativa, não queremos dar respostas prontas para os alunos, mas dar condições para que eles as encontrem a partir de atividades experimentais que possibilitem encontrar os resultados esperados por nós.

**II) O grupo acertou a previsão feita na atividade anterior? Quais ideias vocês consideram estar corretas? E quais suposições devem estar erradas?**

Nesta questão será possível coletar algumas concepções alternativas dos estudantes e começar a mapear os conhecimentos prévios do grupo sobre o tema de circuitos elétricos.

**III) O brilho das lâmpadas  $L_2$  e  $L_3$  no circuito (b) é o mesmo? E no circuito (c), as lâmpadas  $L_4$ ,  $L_5$  e  $L_6$  têm o mesmo brilho?**



Espera-se que eles percebam que em cada circuito em série, as lâmpadas possuem sempre o mesmo brilho (comparadas entre si). O mesmo não pode ser dito ao se comparar os brilhos de lâmpadas conectadas a circuitos diferentes.

**Fig. 3 - Representação do circuito série.**

**IV) Se vocês fossem utilizar essa forma de ligação para conectar lâmpadas em uma residência, o que aconteceria?**

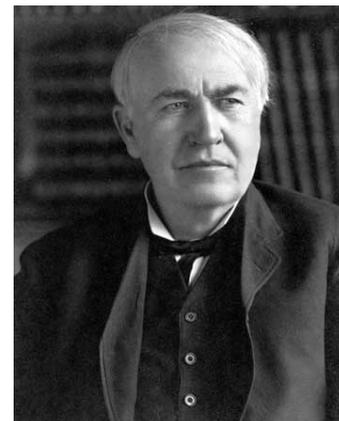
Nesta atividade os alunos deverão responder que essa forma de ligação não serve para se utilizar em casa, visto que a quantidade de lâmpadas acesas influencia sensivelmente no brilho das mesmas, que é justamente um dos problemas observados por Edison.

**Desafio**

Na proposição de que um circuito de lâmpadas em série não resolve o problema de Thomas Edison, esta questão-problema retoma a questão inicial e provoca os estudantes a tentarem construir hipóteses que possam resolver o problema de ligar todas as lâmpadas disponíveis sempre com o mesmo brilho. Lembrando que o material aqui detalhado é uma sequência investigativa, essa questão não deverá ser respondida pelo professor nesta aula, visto que se espera que o estudante alcance a resposta ao desenvolver as atividades presentes na Aula 5.

# Thomas Alva Edison, uma breve história

Thomas Edison, nascido em 11 de fevereiro de 1847, viveu entre os séculos XIX e XX. Suas ideias e seu trabalho inovador arrancaram a humanidade da era do vapor e a lançaram para a modernidade do século XX. Edison registrou 2.332 patentes, entre as quais se destacaram o fonógrafo, a lâmpada elétrica, o projetor de cinema e o aperfeiçoamento do telefone. Antes dele, as ruas, as residências e as fábricas tinham que ser parcialmente iluminadas pelo trabalho manual de se acender uma a uma das luminárias alimentadas a gás. Isso onde havia gás, porque em lugares mais distantes das grandes cidades, a população utilizava de fato os lampiões a querosene.



Disponível em <http://www.biography.com/people/thomas-edison-928649>

Depois de testar mais de 3 mil teorias separadas para conceber o mecanismo de funcionamento da lâmpada e determinar que um filamento de carbono funcionava, ele carbonizou 6 mil tipos de materiais diferentes para decidir qual deles funcionava melhor. Durante mais de um ano, Edison e seus assistentes faziam e testavam filamentos de todos os materiais possíveis e imagináveis. De experiência em experiência, chegaram ao fio de algodão carbonizado. Foi, literalmente, uma ideia luminosa. Acesa a 21 de outubro de 1879, a lâmpada brilhou 45 horas seguidas.

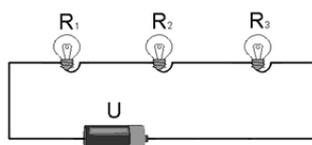
Após ter sucesso na construção da primeira lâmpada, Edison teve que enfrentar um desafio ainda maior. Como conectar as 400 lâmpadas encomendadas pelos seus patrocinadores de modo que elas pudessem ser ligadas aleatoriamente e utilizando uma tensão elétrica pequena?

Para entender um pouco mais sobre essa problemática é preciso saber que naquela época as ligações elétricas eram feitas em forma de um colar, o que hoje chamamos de ligação em série.

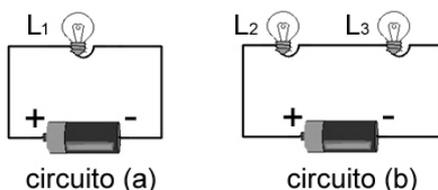
## Atenção!

Em todas as questões, admite-se que as lâmpadas representadas sejam iguais. Vamos supor também que o brilho das lâmpadas cresce à medida que a intensidade da corrente elétrica aumenta. A lâmpada, por sua vez, representa um obstáculo à passagem da corrente pelo circuito. Considere que a pilha representada tem resistência elétrica desprezível.

### Circuito Série

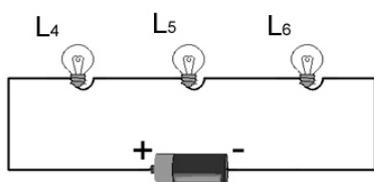


Para compreender essa dificuldade, vamos analisar alguns circuitos. Observe os diagramas abaixo e responda:



circuito (a)

circuito (b)



circuito (c)

Fig. 4 - Representação do circuito série.

### Construindo Hipóteses I

I) As lâmpadas indicadas nos circuitos (a), (b) e (c) terão o mesmo brilho? Explique.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

II) Se no circuito (b) e (c) invertermos o sentido da pilha, o que o grupo acha que vai acontecer?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

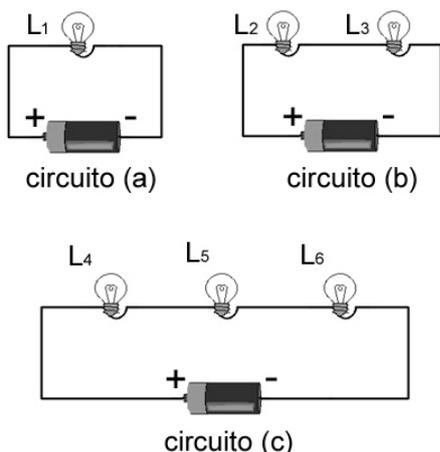
III) Assinale a alternativa que lhe parece correta.

**No circuito da figura (c) pode-se afirmar que:**

- a) L4 brilha mais do que L5 e esta mais do que L6.
- b) L6 brilha mais do que L5 e esta mais do que L4.
- c) As três lâmpadas têm o mesmo brilho.
- d) L4 brilha menos do que L5 e esta mais do que L6.

## Atividade Experimental I

Utilizando o material fornecido pelo professor, monte os circuitos discutidos e responda:



**Fig. 5 - Representação do circuito série.**

I) O que acontece com o brilho das lâmpadas cada vez que se adiciona uma lâmpada ao circuito?

---

---

II) O grupo acertou a previsão feita na atividade anterior? Quais ideias vocês consideram estar corretas? E quais suposições devem estar erradas?

---

---

III) O brilho das lâmpadas  $L_2$  e  $L_3$  no circuito (b) é o mesmo? E no circuito (c), as lâmpadas  $L_4$ ,  $L_5$  e  $L_6$  tem o mesmo brilho?

---

---

IV) Se vocês fossem utilizar essa forma de ligação para ligar lâmpadas em uma residência, o que aconteceria?

---

---

---

---

## Desafio!

Observação: Se o grupo não conseguir chegar a uma resposta favorável, poderá completar essa atividade mais tarde.

V) O que poderia ser feito para que o brilho de uma única lâmpada fosse semelhante ao brilho das demais lâmpadas conectadas em série? Formule as hipóteses, chame o professor e faça o teste.

Hipóteses:

---

---

---

---

### Teste experimental:

(Tire uma foto, adicione e explique a solução proposta pelo grupo).

Explicação:

---

---

---

---

## 2.3 AULA 3

O objetivo desta aula é capacitar os estudantes a operar e manusear o multímetro. Após a leitura da primeira página, eles deverão preencher uma tabela que objetiva coletar o grau de entendimento das escalas e prefixos de potência de dez que compõem o instrumento. Nesta perspectiva, espera-se que eles coloquem em prática a teoria de potências de dez, adquirida durante os cursos de física e matemática. Desta forma, o professor poderá nivelar a turma operando essa habilidade para desenvolver a competência caracterizada aqui, pela operação correta de um multímetro.

Na intenção de orientar o professor, seguem os comentários das questões que constituem a Atividade Teórica I.

### **1) Na função de tensão contínua, qual a maior e menor escala de função contínua disponível no aparelho?**

O aluno deve ser capaz de distinguir a proporção entre as escalas associadas aos prefixos de potência de dez que acompanham a unidade física que pertence ao tipo de medida que se está trabalhando.

### **2) Qual escala deve ser adotada para medir a tensão de uma bateria de 12 V?**

Pensando em colocar em prática a resposta do item 1, o estudante deve ser capaz de escolher a melhor escala para aferir o valor da tensão da bateria.

### **3) Quais a maior e a menor escala disponíveis no aparelho para corrente contínua (CC)?**

O estudante deve ser capaz de distinguir corrente de tensão e que para cada uma dessas grandezas físicas, o multímetro terá uma função apropriada. A tensão medida em volts corresponde ao voltímetro, enquanto que a corrente corresponde ao amperímetro e é medida na unidade de medida de ampères.

#### **4) Qual escala deve ser usada para medir uma corrente de 0,12 A?**

Da mesma forma que a questão 2, esta busca analisar se o estudante sabe classificar em ordem crescente e decrescente as escalas do amperímetro acoplado ao multímetro.

Na Atividade Experimental II, o estudante deve manusear o multímetro na escala de volts para aferir a tensão elétrica em pilhas de 1,5 V. Nessa verificação espera-se que ele perceba que quando conectadas em série de forma correta, isto é, o potencial positivo de uma pilha ligado ao potencial negativo da próxima pilha, as tensões se somam. O professor pode ainda explorar o sinal negativo que aparece no visor do aparelho quando conectado o cabo preto ao potencial positivo e o vermelho no negativo.

Neste trabalho, não é feito o detalhamento sobre força eletromotriz visto que a função voltímetro do multímetro mede a ddp. Portanto, o objetivo desta aula é preparar o estudante para realizar os experimentos que vão constituir a sequência investigativa que compõem o produto educacional aqui disponibilizado.

# Multímetro

Para um bom entendimento de como funcionam os circuitos, é necessário conhecermos algumas de suas características tais como a corrente elétrica que circula em uma malha de circuito, assim como sua resistência e a tensão elétrica a que está sujeita. Para medir ou aferir essas grandezas, utilizamos o multímetro ou multiteste que é um equipamento eletrônico que incorpora diversos instrumentos de medidas elétricas num único aparelho, como **Voltímetro**, **Amperímetro** e **Ohmímetro**. Existem ainda outros equipamentos opcionais incorporados nele que variam conforme o fabricante, tais como **capacímetro**, **frequencímetro**, **termômetro**, entre outros. A Figura 2 mostra a aparência e alguns detalhes de multímetros à venda no comércio.

## Multímetro DIGITAL



Função DCV [ $V_{\text{---}}$ ] (volts) Tensão contínua existente em pilhas e baterias

Função de medida de resistência elétrica [ $\Omega$ ] (ohms)

Conector para teste de transistores.

Função ACV [ $V_{\sim}$ ] (volts) Tensão alternada existente nas tomadas

Função DCA [ $A_{\text{---}}$ ] (ampères) Mede a corrente contínua (CC)

Função para teste de transistores

Conector para medida de corrente (cabo vermelho)

Conector terra (cabo preto)

Fig. 6 - Grandezas e escalas medidas com um multímetro.

Em multímetros digitais, a escala já indica o máximo valor a ser medido por ela, independente da grandeza. As funções e escalas que vamos utilizar em nosso trabalho estão representadas na Figura 7.

## Escalas de Tensão contínua (DCV):

## Escalas de corrente contínua (DCA)

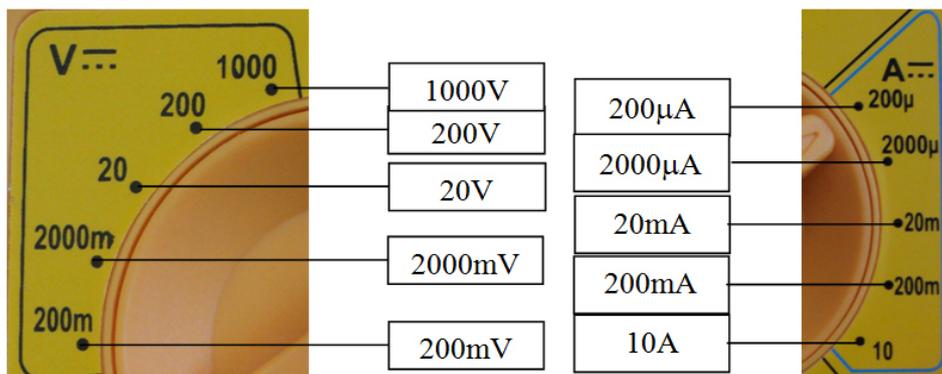


Fig. 7 - Valores máximos medidos em cada função de escala com um multímetro digital.

Para melhor entender as escalas mostradas no aparelho, complete o quadro abaixo:

Escala	Valor que pode ser medido	Valor máximo que pode ser medido na escala	Cálculo
2000 mV	dois mil milivolts	2 V	$2000 \times 10^{-3} = 2$
200 mV			
200 $\mu$ A	duzentos microampères	0,0002 A	$200 \times 10^{-6} = 2 \times 10^{-4}$
2000 $\mu$ A			
20 mA			
200 mA			

### Atividade Teórica I

Responda com base na interpretação do valor numérico das escalas:

1) Na escala de tensão contínua, quais a maior e a menor escala de medida disponível no aparelho?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2) Qual escala deve ser adotada para medir a tensão de uma bateria de 12 V?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3) Quais a maior e a menor escala disponíveis no aparelho para corrente contínua (CC)?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

4) Qual escala deve ser usada para medir uma corrente de 0,12 A?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### Atividade Experimental II

#### Utilizando o Multímetro - Parte 1

I) Vamos primeiro medir a tensão ou ddp entre os pólos de uma bateria. Para isso é necessário posicionar a chave seletora do aparelho na função e na escala corretas. Girando até a posição como mostra a figura.

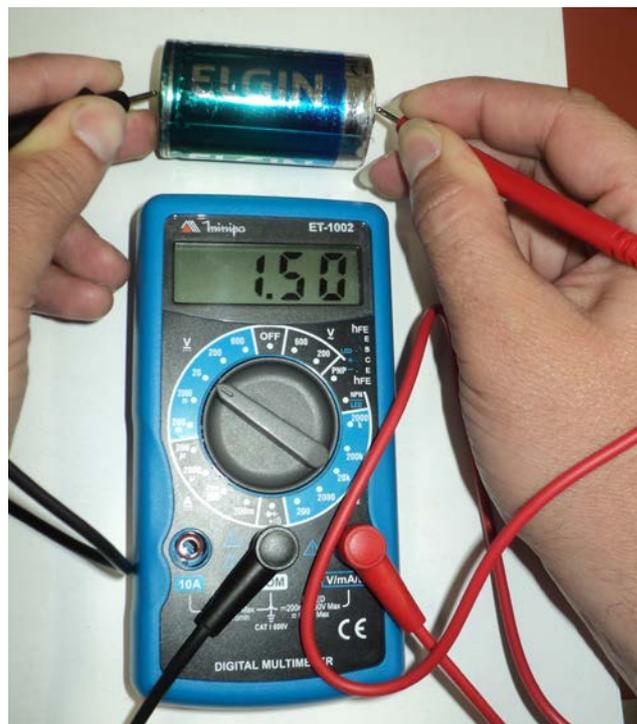


Fig. 8 - Medindo a ddp da pilha.

Qual a tensão da pilha que lhe foi fornecida?

Valor medido: \_\_\_\_\_

II) Conecte duas pilhas em série e meça novamente a ddp entre os seus pólos.

Valor medido: \_\_\_\_\_

## 2.4 AULA 4

A fim de proporcionar conhecimento e diversidade às aulas, a quarta aula é a utilização do vídeo *A Faísca*, de 51 min de duração, narrado pelo professor Jim Al-Khalili, que foi exibido pela TV Escola. O vídeo conta a história dos primeiros filósofos e cientistas que estudaram o fenômeno da eletricidade. A partir da construção de máquinas e aparatos experimentais estranhos, tais como a esfera giratória de Hausksbee, conseguiram estudar a misteriosa ligação entre a vida e a eletricidade assim como a relação desta com fenômenos naturais, tais como os raios e trovões. Estes filósofos e cientistas descobriram como armazená-la para, enfim, estabelecer as bases do mundo moderno através da corrente contínua produzida pelas pilhas de Alessandro Volta. Durante a reprodução deste vídeo, faço algumas interrupções e perguntas para discutir as informações históricas contadas no documentário. Por se tratar de um vídeo longo, fazem-se necessárias essas pausas para se extrair o máximo do vídeo, caso contrário muitas observações e dúvidas que eles demonstram, ficam esquecidas e acabam por se perder. Este é outro exemplo de que se aprende muito mais com o erro do que com o acerto, visto que é preciso saber o que está errado e por quê.

Esse vídeo pode ser encontrado com áudio original e legendado ou na versão dublada. Se a escola não possuir uma internet que possibilite a reprodução do vídeo diretamente do site, sugiro utilizar a versão dublada que aceita download. Os links estão no quadro a seguir:

Vídeo Dublado	<a href="https://archive.org/details/A.Historia.da.Eletricidade-Dublado.720p">https://archive.org/details/A.Historia.da.Eletricidade-Dublado.720p</a>
Vídeo Legendado	<a href="http://www.dailymotion.com/video/x2e5tcc_choque-e-temor-a-historia-da-eletricidade-ep-1-faisca_school">http://www.dailymotion.com/video/x2e5tcc_choque-e-temor-a-historia-da-eletricidade-ep-1-faisca_school</a> ou <a href="http://verdademundial.com.br/2015/01/choque-e-temor-a-historia-da-eletricidade-episodio-13-faisca/">http://verdademundial.com.br/2015/01/choque-e-temor-a-historia-da-eletricidade-episodio-13-faisca/</a> ou <a href="http://alquimiaemitologia.com/2015/03/13/choque-e-temor-a-historia-da-eletricidade-documentario-bbc/">http://alquimiaemitologia.com/2015/03/13/choque-e-temor-a-historia-da-eletricidade-documentario-bbc/</a>

## 2.5 AULA 5

Depois de compreender como funciona o multímetro e suas funções e escalas, o estudante poderá entender o comportamento da tensão no circuito série. Eles já perceberam, a partir do brilho das lâmpadas na Atividade Experimental I (Aula 2), que seu brilho diminui quando associadas em série. Pensando nisso, a primeira atividade é ligar o mesmo número de pilhas e lâmpadas em série. Este procedimento busca despertar a mente do estudante para uma hipótese, que é a relação existente entre a tensão e a corrente em um circuito. A partir da utilização do multímetro, pretende-se que eles percebam que a tensão é dividida entre as lâmpadas. Assim eles podem assimilar que, quanto mais lâmpadas são conectadas, menor é o brilho de cada uma delas e, conseqüentemente, menor é a corrente que passa pelo circuito. Para cada atividade desta aula faça um breve comentário.

### Atividade Experimental III

1) Para cada lâmpada adicionada ao circuito, acrescente uma pilha conectada em série conforme os esquemas abaixo:

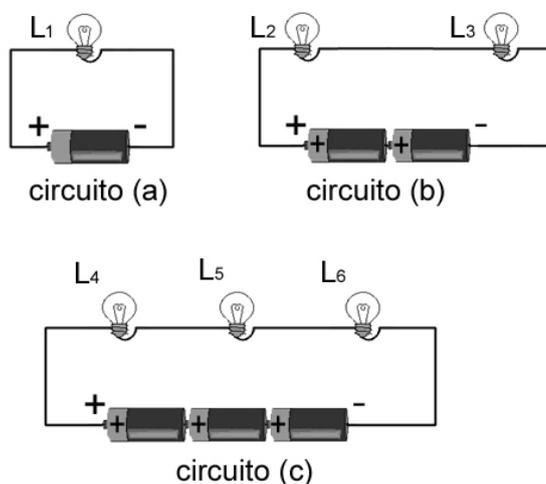


Fig. 9 - Conexão de pilhas em série.

#### 1) O que aconteceu com o brilho das lâmpadas agora?

Espera-se que o estudante perceba que cada pilha adicionada compensa a lâmpada a mais conectada ao circuito. O aluno ainda não compreende que a corrente é função da tensão aplicada, mas esse detalhe o professor pode retomar mais a frente, na Aula 7, quando eles trabalharem com o tema da resistência elétrica.

## II) Vocês acham que Edison poderia ter usado essa ideia para ligar suas lâmpadas? Explique.

Essa questão tem como objetivo retomar o desafio proposto na Atividade Experimental I. Acredito que após realizarem as atividades propostas na Aula 2, os estudantes percebam que um dos problemas enfrentados por Thomas Edison para ligar suas lâmpadas era o brilho fraco emitido por elas quando associadas em grande quantidade. Após realizarem a Atividade III desta aula, espera-se que eles concluam que uma solução provável para o baixo rendimento da lâmpada seja aumentar a tensão fornecida a elas.

### Atividades Experimentais IV e V

Nestas atividades os estudantes vão utilizar o voltímetro para medir a tensão sobre as lâmpadas quando associadas em série. O objetivo é fazê-los compreender, a partir dessa atividade prática, que a tensão é dividida para cada lâmpada e que a soma delas constitui a tensão original da bateria. Na atividade experimental V o estudante será questionado sobre a diferença da tensão das pilhas quando o circuito está ligado e desligado. Nessa atividade será trabalhado também o conceito de resistência interna das pilhas.

### Atividade Experimental VI

Neste procedimento experimental, o estudante vai perceber que o segundo problema enfrentado por Edison consistia no fato de que no circuito em série se uma das lâmpadas for desenroscada, ou queimar, todas as outras se apagam. Para concluir a aula, temos o tópico **Retomando o Problema de Thomas Edison**, que faz uma síntese dos problemas que o circuito série apresentava. O estudante deve citar três problemas deste circuito. Eu visualizo quatro limitações que são:

- 1° O brilho das lâmpadas enfraquece quando se adiciona mais uma em série ao circuito.
- 2° A tensão se divide entre as lâmpadas, necessitando assim uma tensão total muito alta.
- 3° As lâmpadas não funcionam independentemente, elas teriam que ficar todas acesas.
- 4° No circuito série a tensão tem que ser ajustada toda vez que se adiciona ou se retira uma lâmpada.

### Atividade experimental III

I) Para cada lâmpada adicionada ao circuito, acrescente uma pilha conectada em série conforme os esquemas abaixo:

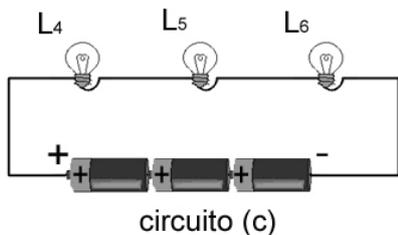
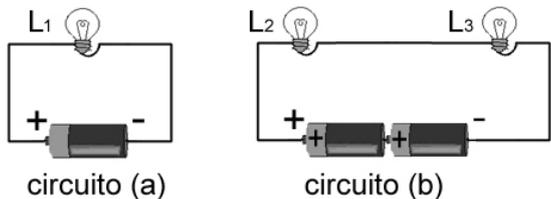


Fig. 10 - Conexão de pilhas em série.

I) O que aconteceu com o brilho das lâmpadas agora?

\_\_\_\_\_

II) Vocês acham que Edison poderia ter usado essa ideia para ligar suas lâmpadas? Explique.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### Atividade Experimental IV

#### Utilizando o Multímetro - Parte 2

Meça a tensão entre as extremidades das lâmpadas e anote na tabela abaixo de acordo com as figuras.

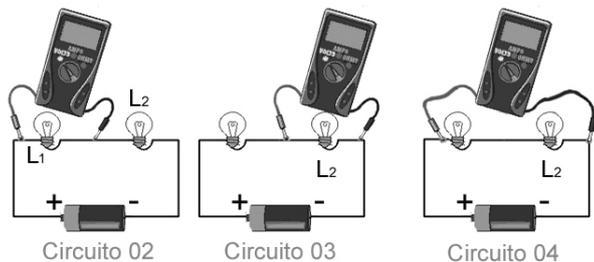
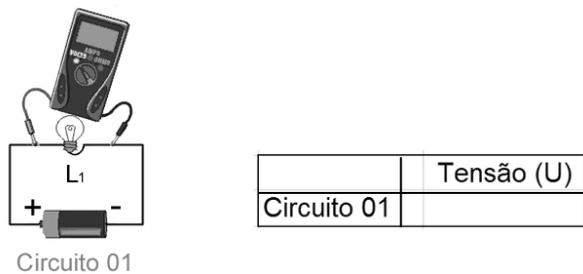


Fig. 11 - Medição da ddp entre os terminais da lâmpada.

	Tensão (U)
Circuito 02	
Circuito 03	
Circuito 04	

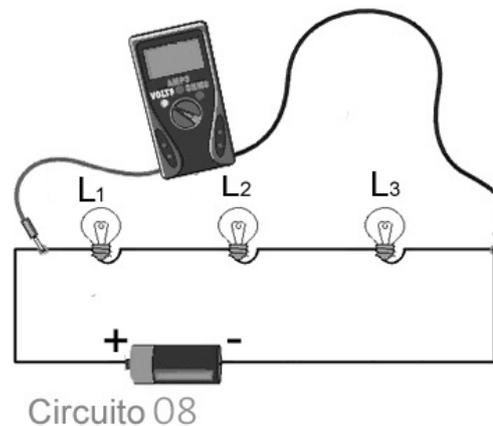
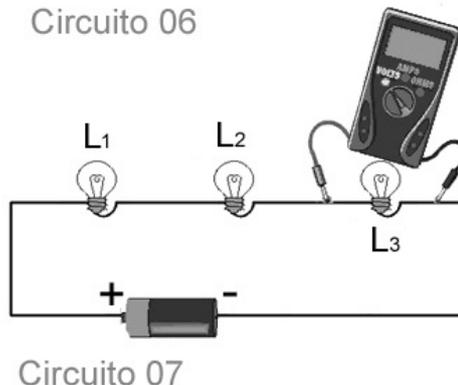
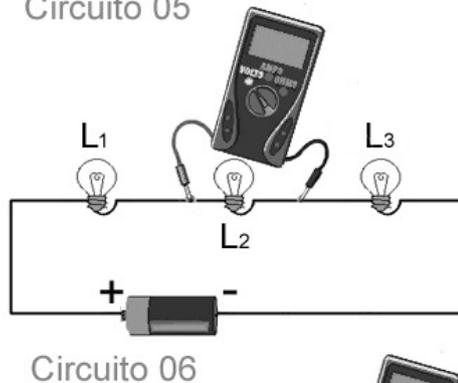
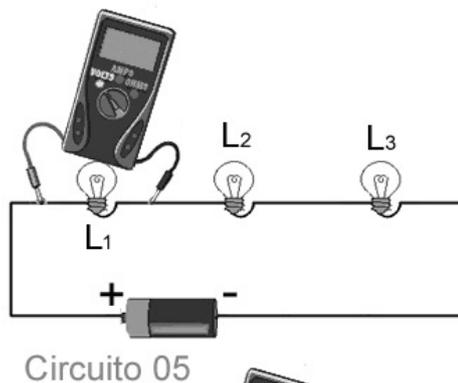


Fig. 12 - Medição da ddp entre os terminais da lâmpada em um circuito com 3 lâmpadas.

	Tensão (U)
Circuito 05	
Circuito 06	
Circuito 07	
Circuito 08	

## Atividade Experimental V

### Um olhar profundo para a tensão 1

a) Some as tensões obtidas nos circuitos 2 e 3 e compare com o valor medido no circuito 4

	Tensão (U)
Circuito 02	
Circuito 03	
Tensão Total	
Circuito 04	

b) Some as tensões obtidas nos circuitos 5, 6 e 7, e compare com o valor medido no circuito 8.

	Tensão (U)
Circuito 05	
Circuito 06	
Circuito 07	
Tensão Total	
Circuito 08	

c) Meça novamente o valor da tensão das pilhas conectadas em série e compare com o valor medido antes de ter iniciado o experimento:

Medida anterior:	
Medida posterior:	

d) Nos circuitos 4 e 8, medimos a tensão que as pilhas estão fornecendo ao circuito. Comparando os valores com os que você acabou de anotar na tabela acima, construa no mínimo uma hipótese que responda: Por que o valor da tensão das pilhas diminui quando lâmpadas são ligadas ao circuito?

Hipótese do grupo:

---



---

e) Levando em conta a existência de fatores externos que causam incertezas experimentais, podemos dizer que a soma das tensões nos circuitos 2 e 3, e nos circuitos 5, 6 e 7 sobre cada lâmpada são os valores medidos nos circuitos 4 e 8, respectivamente?

---



---

f) Tente construir uma equação que represente o comportamento da tensão sobre as lâmpadas a partir do que o grupo visualizou na atividade. Utilize o símbolo U para a tensão.

Equação:

## Atividade Experimental VI

Refaça as ligações em série usando três lâmpadas. Desatarraxe uma lâmpada em cada montagem. Enrosque novamente a lâmpada e repita o procedimento, desenroscando outra lâmpada do circuito.

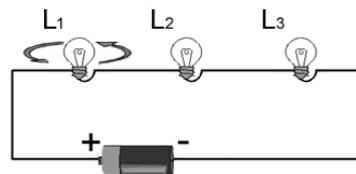


Fig. 13 - Enroscando e desenroscando cada lâmpada do circuito série.

### Responda:

1) Quando desatarraxamos uma lâmpada no circuito em série, o que acontece com o seu brilho?

---



---



---



---

### Retomando o Problema de Thomas Edison

Com base no que você aprendeu até aqui, cite três problemas que Edison enfrentava para conectar suas 400 lâmpadas em série.

---



---



---



---

## 2.6 AULA 6

Na Atividade Experimental VII, o estudante fará uso do amperímetro e aprenderá a forma correta de conexão desse equipamento ao circuito. Utilizar a escala adequada para a leitura da corrente permitirá relacionar o valor medido com o brilho da lâmpada.

Admitindo os estudos citados no Capítulo 2 da dissertação de mestrado que tem como tema a aplicação desta sequência investigativa, sabe-se que a grande maioria dos estudantes acredita que a corrente é gasta ao passar por uma lâmpada. A fim de romper com essa concepção alternativa que eles apresentam, em todos os circuitos que deverão montar, é feita a troca de posição do amperímetro de forma a medir o valor da corrente antes e depois de passar pela lâmpada.

Após anotar os valores medidos nas tabelas referenciadas, os estudantes vão interpretar os resultados a partir de um questionário. Para cada pergunta segue um comentário do que se espera como resultado desta análise que os estudantes farão.

A atividade encerra com oito questões dissertativas em que eles vão poder interpretar e analisar os dados obtidos na atividade experimental. Esse é o momento em que o professor pode fazer uso da analogia de obstáculo e resistência elétrica, a fim de aproximar a linguagem coloquial para a científica.

### **a) No circuito 01, os amperímetros A1 e A2 mostram a mesma leitura?**

Sabemos que, no circuito em série, a corrente é constante e que ela não é gasta ao passar por uma lâmpada; portanto, espera-se que eles respondam com base nas leituras aferidas no aparelho, que, sim, são as mesmas.

### **b) No circuito 02, os amperímetros A1, A2 e A3 indicam a mesma leitura?**

Semelhante ao circuito 01, eles também deverão responder que sim. No entanto, essa leitura é menor do que a anterior, o que também é evidenciado pela mudança no brilho das lâmpadas.

### **c) No circuito 03, os amperímetros A1, A2, A3 e A4 apresentam a mesma leitura?**

Essa pergunta encerra a atividade investigativa e proporciona entender que o valor da corrente ao longo do circuito não muda, o que atesta a hipótese de que a corrente não é gasta ao passar pela lâmpada.

**d) O que acontece com a corrente que passa pelas lâmpadas cada vez que se adiciona uma lâmpada em série ao circuito?**

Espera-se que o estudante perceba porque as lâmpadas brilham menos quando se adiciona mais uma ao circuito porque a corrente diminui toda vez que se faz isso.

**e) Faça um debate com seus colegas e responda: O que é gasto na lâmpada? E de onde provém?**

Espera-se que eles cheguem à conclusão que a energia contida na pilha é transformada em outras formas como, por exemplo, calor. Sabe-se que com o tempo, a resistência interna da pilha aumenta, de modo a fazer com que a ddp entre seus polos não seja suficiente para ocasionar uma corrente elétrica nos condutores do circuito.

**f) O que podemos dizer sobre o valor da corrente em um circuito em série?**

Aqui os alunos deverão dizer que ela é constante, ou seja, a corrente não muda ao longo de um circuito. O objetivo é que eles possam perceber que corrente e energia são conceitos diferentes, embora relacionados.

**g) Se admitimos que cada lâmpada representa um obstáculo à passagem da corrente, então toda vez que adicionamos uma lâmpada em série ao circuito, o que acontece com esse obstáculo? Permanece o mesmo, diminui ou aumenta? Explique com base no brilho das lâmpadas e na leitura dos amperímetros:**

Os estudantes deverão responder que esse obstáculo aumenta. A proposta é inserir uma linguagem popular para o entendimento da resistência elétrica que será discutida na próxima pergunta.

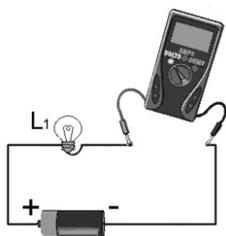
**h) Nos circuitos elétricos, qual o nome dado a esse obstáculo?**

Os alunos devem associar que a resistência elétrica é uma dificuldade à passagem da corrente e ocasiona o enfraquecimento no brilho da lâmpada, ao mesmo tempo em que é um condutor que permite a passagem de corrente elétrica por ele.

## Atividade Experimental VII

### MEDINDO A CORRENTE

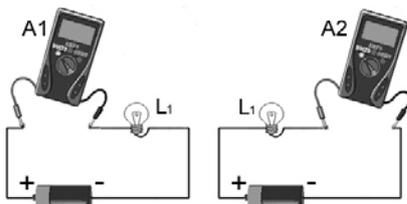
Para medir a corrente em um circuito, é necessário abri-lo e inserir o amperímetro em série. A resistência do medidor é muito pequena, praticamente desprezível quando comparada com a resistência de uma lâmpada.



**Fig. 14 - Medindo a corrente que passa por uma lâmpada.**

Nesse caso, o amperímetro está medindo a corrente que passou pela lâmpada.

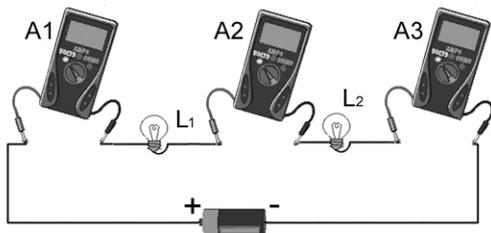
Meça a corrente que passa pelo fio antes e depois de chegar à lâmpada e complete os quadros:



Circuito 01

Medida da corrente no Circuito 01

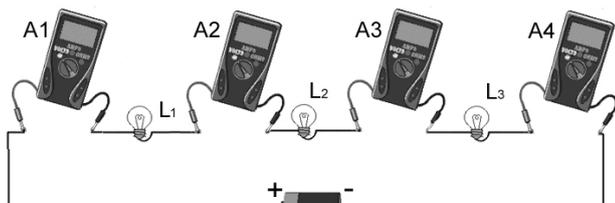
A1 = \_\_\_\_\_ A2 = \_\_\_\_\_



Circuito 02

Medida da corrente no Circuito 02

A1 = \_\_\_\_\_ A2 = \_\_\_\_\_ A3 = \_\_\_\_\_



Circuito 03

Medida da corrente no Circuito 03

A1 = \_\_\_\_\_ A2 = \_\_\_\_\_

A3 = \_\_\_\_\_ A4 = \_\_\_\_\_

**Fig. 15 - Circuitos 01, 02 e 03. Diferentes posições do multímetro para cada medida de corrente.**

### INTERPRETANDO RESULTADOS

Responda:

a) No circuito 01, os amperímetros A1 e A2 mostram a mesma leitura?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

b) No circuito 02, os amperímetros A1, A2 e A3 indicam a mesma leitura?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

c) No circuito 03, os amperímetros A1, A2, A3 e A4 apresentam a mesma leitura?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

d) O que acontece com a corrente que passa pelas lâmpadas cada vez que se adiciona uma lâmpada em série ao circuito?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

e) Faça um debate com seus colegas e responda: O que é "gasto" na lâmpada? E de onde provém?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

f) O que podemos dizer sobre o valor da corrente em um circuito em série?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

g) Se admitimos que cada lâmpada representa um obstáculo à passagem da corrente, então toda vez que adicionamos uma lâmpada em série ao circuito, o que acontece com esse obstáculo? Permanece o mesmo, diminui ou aumenta? Explique com base no brilho das lâmpadas e na leitura dos amperímetros.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

h) Nos circuitos elétricos, qual o nome dado a esse obstáculo?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## 2.7 AULA 7

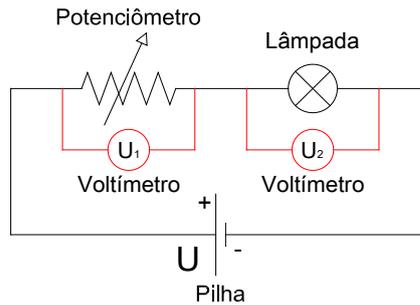
Esta aula é composta pela Atividade Experimental VIII. Nela o estudante tem uma situação-problema. Ligar uma lâmpada de 2,5 V em um conjunto de pilhas em série que ultrapassa esse valor. O objetivo desse problema é sintetizar as atividades anteriores. O estudante deve lembrar que, no circuito série, a tensão é dividida e que, portanto, para não queimar a lâmpada, ele deve conectar a lâmpada em série ao potenciômetro (uma resistência variável). Para calibrá-lo, eles precisam calcular o valor da resistência utilizando as equações do circuito em série e a 1ª Lei de Ohm. Essa nova proposta de trabalho permite a utilização da função de medida de resistência do multímetro com escalas em ohms, com a qual se mede a resistência elétrica. Para conferir o resultado, eles têm que trocar a função do multímetro para volts e medir a tensão sobre a lâmpada que teoricamente deve conferir os 2,5 V previstos pelo fabricante. No entanto, é certo que esse valor não será encontrado, pois não foi levada em conta a resistência interna da bateria. Essa informação precisa ser relacionada à hipótese gerada pelo grupo no item (d) da atividade experimental V da aula 5. Faz parte do processo de investigação que o estudante consiga correlacionar as atividades de modo a compreender que a pilha também possui uma resistência elétrica. A fim de encontrar o erro, eles calibram o potenciômetro com o voltímetro ligado entre os terminais da lâmpada a fim de obter os 2,5 V. Na sequência, eles voltam a medir a resistência no potenciômetro para discutir as possíveis causas do erro.

Após aferir as ligações do circuito, é importante concluir demonstrando que o valor da tensão, quando a pilha está ligada ao circuito, é menor do que quando medida separadamente deste. Levantando hipóteses sobre as características de um resistor aquecer e o fato da bateria ter esse comportamento, chegar à conclusão de que a bateria também possui uma resistência interna.

No campo destinado ao desenho do circuito e ao cálculo, segue um exemplo que pode ser utilizado para auxiliar o estudante nesta atividade.

No circuito em série, a tensão é dividida entre os receptores da seguinte forma:

$$U = U_1 + U_2$$



**Fig. 16 - Representação da tensão medida em um circuito série de um potenciômetro com uma lâmpada.**

A tensão  $U_2$  é determinada pelo fabricante da lâmpada, nesse caso 2,5 V. Se a pilha for de 6 V, vai sobrar 3,5 V entre os terminais do potenciômetro.

$$U_1 = U - U_2$$

$$U_1 = 6V - 2,5V = 3,5V$$

A corrente no circuito em série é constante e sabemos que, quando aplicada uma tensão de 2,5 V sobre a lâmpada, a corrente que passa por ela é de 0,30 A. Logo, podemos então utilizar a tensão  $U_1$  e calcular a resistência utilizando a 1ª Lei de Ohm para calibrar o potenciômetro.

$$U = R \cdot i$$

$$R = \frac{U_1}{i} = \frac{3,5V}{0,3A} = 11,66 \Omega$$

Após esse cálculo, utilizando o multímetro na escala 200  $\Omega$  para a resistência, visto que o potenciômetro utilizado tem no máximo 30  $\Omega$ , calibra-se o potenciômetro para conectá-lo em série com a lâmpada.

É importante lembrar que, embora as pilhas possuam a referência da tensão que elas liberam, o estudante deve medir a tensão para fazer o cálculo, visto que elas enfraquecem à medida que vão sendo utilizadas.

Na sequência, os estudantes vão medir a tensão sobre a lâmpada que na maioria das vezes é menor do que o valor calculado. Para aferir o erro é preciso que eles calibrem o potenciômetro até encontrarem os 2,5 V, dessa maneira é possível verificar o valor da resistência para chegar ao valor correto que permite a tensão nominal da lâmpada. A primeira atividade se encerra com o questionamento:

**d) A que se deve esse erro experimental?**

O professor pode, nesse momento, questionar os grupos sobre a característica fundamental de um resistor: ele aquece! E indagar: As pilhas aquecem quando ligadas ao circuito? Espera-se que a partir de um diálogo, seja possível inserir a ideia de resistência interna que, nesse caso, seria a maior fonte de erro no item I da atividade VIII da aula 7.

O procedimento para o item II é o mesmo. A diferença é que os estudantes vão utilizar duas lâmpadas em série, ao invés de uma sozinha.

O trabalho se encerra com um questionamento dividido entre as atividades III, IV V e VI.

**III) O que você aprendeu hoje sobre os circuitos em série?**

Sugestão de resposta: O circuito em série pode ser utilizado para diminuir a corrente sobre um equipamento.

**IV) O que pode ocorrer com uma lâmpada que foi projetada para ligar em 6 V se ela for conectada a uma bateria de 12 V? Por quê?**

Ela queima, porque a tensão será duas vezes maior e conseqüentemente a corrente também, aumentando muito a temperatura sobre o seu filamento, fazendo com que ele se rompa.

**V) Se ainda assim você quiser ligar essa lâmpada de 6 V nessa bateria de 12 V e não tiver um potenciômetro, que solução teria para poder ligá-la?**

Conectaria duas lâmpadas de 6 V em série para que a tensão de 12 V se dividisse sobre elas em aproximadamente 6 V. Podemos aqui falar sobre previsão teórica e medida real a fim de dialogar sobre os modelos que são criados com a finalidade de compreender a natureza.

**VI) Se você não conhece, pesquise sobre algum aparelho eletrônico que utilize o potenciômetro em seu circuito e descreva sua função nesse aparelho.**

Normalmente são usados em controle de volume de aparelhos de som, controle de posicionamento em controles de vídeo games, controle de brilho e contraste em telas LCD.

## Atividade Experimental VIII

### Trabalhando com um Potenciômetro



Fig. 17 - Potenciômetro.

O Potenciômetro é um componente eletrônico que possui resistência elétrica ajustável. Geralmente é um resistor de três terminais, em que a conexão central é fixa e a palanca deslizante permite manipular o valor de resistência.

### Atividade Teórico/Experimental

Você tem em suas mãos duas pilhas de  $\pm 1,5V$ , tamanho médio, um suporte para pilhas, fios condutores, um multímetro, 3 lâmpadas com suportes, cujas especificações técnicas fornecidas pelo fabricante são 2,5 V e 0,30 A e um potenciômetro, conforme a Figura 18.



Fig. 18 - Material disponibilizado.

Deseja-se construir um modelo de circuito no qual a tensão sobre a lâmpada não ultrapasse as especificações técnicas recomendadas pelo fabricante. Pensando nisso, utilize as equações:

$$U = R \cdot i$$

$$U = U_1 + U_2$$

I) Estime o valor da resistência que deve ser adicionada ao circuito para conectar duas pilhas em série em uma lâmpada.

Faça o desenho do circuito e calcule nesse espaço.

a) Utilize o multímetro e calibre o potenciômetro com o valor da resistência calculada.



Valor calculado  
 $R = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$

Calibre o potenciômetro conforme a figura.

Fig. 19 - Usando a função ohmímetro.

Construa o circuito, tire uma foto, registre no campo abaixo e verifique com o voltímetro se a tensão sobre a lâmpada é de 2,5 V.

**Obs.: Não se esqueça de trocar a escala do aparelho.**

(foto)	Tensão medida:  $U = \underline{\hspace{2cm}} V$
--------	--

b) Descubra o valor da resistência do potenciômetro utilizando o multímetro. Calibrando a escala do voltímetro, regule o potenciômetro até encontrar a tensão de 2,5 V que é a ddp nominal da lâmpada.



Fig. 20 - Medindo a tensão na função voltímetro.

Desligue o circuito e meça a resistência no potenciômetro:

(foto)	Resistência Medida:  $R = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$
--------	--

c) De quanto foi o erro encontrado para a resistência?

---



---

d) A que se deve esse erro experimental?

---



---

II) Estime o valor da resistência que deve ser adicionada ao circuito para conectar uma **bateria de 9 V** a duas lâmpada conectadas em série. Tire uma foto e registre no campo abaixo:

Faça o desenho do circuito e calcule nesse espaço.



Valor calculado:

R = \_\_\_\_\_ Ω

**Fig. 21 - Usando a função ohmímetro.**

Construa o circuito, tire uma foto, registre no campo abaixo e verifique com o voltímetro, se a tensão sobre cada lâmpada é de 2,5 V.

**Obs.: Não se esqueça de trocar a escala do aparelho.**

	Tensão medida:
	U <sub>1</sub> = _____ V
	U <sub>2</sub> = _____ V

b) Descubra o valor da resistência do potenciômetro utilizando o multímetro. Calibrando a escala do voltímetro, encontre a tensão de 2,5 V em uma das lâmpadas conectadas em série.

Desligue o circuito e meça a resistência no potenciômetro:

(foto)	Resistência Medida:  R = _____ Ω
--------	--

c) De quanto foi o erro encontrado para a resistência?

---



---

d) A que se deve esse erro experimental?

---



---

III) O que você aprendeu hoje sobre os circuitos em série?

---



---



---

IV) O que pode ocorrer com uma lâmpada que foi projetada para ligar em 6 V se ela for conectada a uma bateria de 12 V? Por quê?

---



---



---

V) Se ainda assim você quiser ligar essa lâmpada de 6 V nessa bateria de 12 V e não tiver um potenciômetro, que solução teria para poder ligá-la?

---



---



---

VI) Se você não conhece, pesquise sobre algum aparelho eletrônico que utilize o potenciômetro em seu circuito e descreva sua função nesse aparelho.

## 2.8 AULA 8

Esta aula faz o fechamento das atividades com o circuito em série, demonstra as equações do circuito e introduz o conceito de circuito em paralelo desenvolvido por Thomas Edison. Nela o estudante poderá analisar o brilho e a tensão sobre as lâmpadas quando conectadas desta forma para constatar qual foi a solução encontrada por Edison para solucionar o problema das 400 lâmpadas. Ao utilizar o circuito em paralelo para conectar as lâmpadas, é possível ligar e desligar individualmente cada uma delas sem que haja variação no brilho das demais. Essas observações são feitas a partir da medição da tensão utilizando o voltímetro e enroscando e desenroscando cada lâmpada associada em paralelo. Uma observação a ser feita é que, apesar das figuras contidas nessa atividade mostrarem apenas uma única pilha, é prudente utilizar duas pilhas grandes conectadas em série a fim de evitar queda na tensão quando se adiciona mais lâmpadas ao circuito em paralelo.

Para esclarecer a Atividade Experimental IX, seguem algumas respostas comentadas.

### Atividade Experimental IX

Faça as montagens indicadas nas figuras (d) e (e). Observe o brilho das lâmpadas e compare com o brilho de uma só lâmpada ligada ao mesmo número de pilhas:

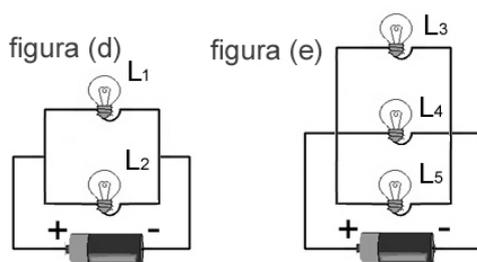


Fig. 22 - Representação de um circuito paralelo.

**1) O que acontece com o brilho das lâmpadas cada vez que se adiciona mais uma lâmpada ao circuito?**

Nessa questão, espera-se que eles visualizem que o brilho permanece o mesmo. Se ocorrer uma pequena variação no brilho, o professor deve adicionar mais pilhas em paralelo às já utilizadas, para aumentar a energia disponível e evitar quedas de tensão.

II) Utilizando um voltímetro, meça a ddp sobre as lâmpadas e sobre as pilhas, e preencha a tabela:

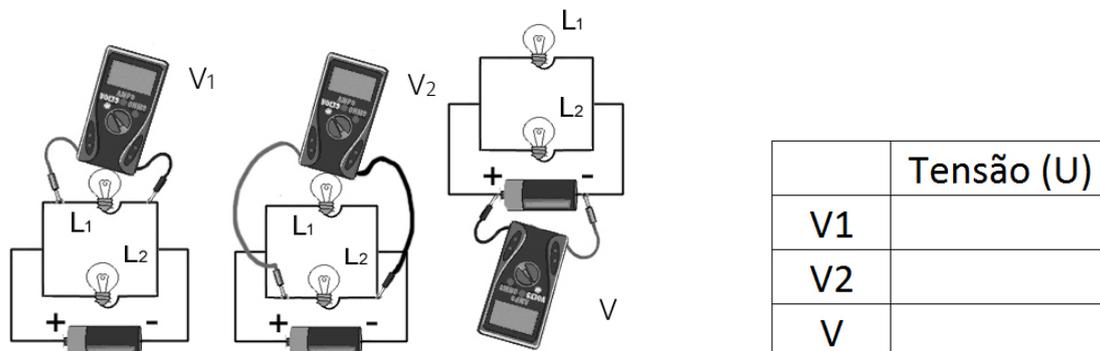


Fig. 23 - Representação da medida de tensão de um circuito paralelo.

Nesta atividade experimental, o estudante poderá aferir que o brilho constante das lâmpadas no circuito em paralelo se mantém sempre o mesmo porque a tensão sobre cada ramo em que se encontra a lâmpada permanece a mesma.

III) Analisando os resultados obtidos, o que podemos dizer sobre o comportamento da tensão no circuito paralelo?

Sugestão de resposta: Se manteve o mesmo, ou seja, é constante.

IV) Em nossas casas, há muitas lâmpadas que, às vezes, precisam ficar acessas todas ao mesmo tempo. É evidente que nos interessa obter delas o máximo de iluminação possível. Levando em consideração o brilho das lâmpadas, responda:

Qual a melhor maneira de ligá-las: em série ou em paralelo? Por quê?

Sugestão de resposta: Em paralelo porque o brilho não se altera, visto que a tensão é sempre a mesma, o que garante a máxima eficiência da lâmpada.

V) Utilizando duas pilhas pequenas, refaça as ligações em paralelo com três lâmpadas. Desatarraxe e atarraxe cada uma delas, analisando o brilho. Responda:

O que acontece com o brilho das demais lâmpadas quando tiramos ou acrescentamos mais uma lâmpada ao circuito?

Sugestão de resposta: fica um pouco mais forte quando tiramos uma e mais fraco quando adicionamos uma lâmpada.

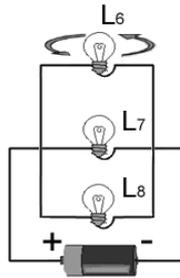


Fig. 24 - Enroscando e desenroscando uma lâmpada de um circuito em paralelo.

**VI) Utilizando duas pilhas grandes e alcalinas, refaça o procedimento anterior e verifique o que acontece agora com o brilho das lâmpadas.**

**a) Ouve variação no brilho das lâmpadas?**

Sugestão de resposta: Desta vez não.

**b) A que você atribui essa diferença?**

Sugestão de resposta: As lâmpadas exigem muita carga da pilha, que não consegue suprir totalmente a demanda, o que ocasiona a queda de tensão percebida.

**É comum percebermos uma queda de tensão em nossas casas, quando a luz fica mais fraca. Geralmente essa percepção é maior quando ligamos um chuveiro monofásico. O mesmo pode não ser perceptível em instalações bifásicas. Pensando nisso, o que podemos escrever sobre a diferença em utilizar pilhas pequenas e pilhas grandes em um circuito paralelo?**

Sugestão de resposta: As pilhas maiores tem menor resistência interna, o que garante o fluxo de corrente no circuito em paralelo.

## Circuito em Série Resistivo (DC)

A cada lâmpada adicionada nesse circuito, a tensão (U) é reduzida, diminuindo assim a corrente que passa por cada lâmpada e conseqüentemente o seu brilho. Outro problema é que ao desligar uma delas, a corrente não terá como passar, portanto, todas se apagam. Então, nessa configuração, ou todas as lâmpadas ficam ligadas ao mesmo tempo, ou todas ficam apagadas.

Hoje no estudo da eletricidade, esse tipo de ligação é utilizado em lâmpadas de natal. Essa configuração de circuito tem 3 características fundamentais, são elas:

Corrente elétrica (i) constante, ou seja, todas as lâmpadas recebem a mesma quantidade de corrente.

$$i = i_1 = i_2 = i_3 = \dots i_N$$

A tensão ou ddp fornecida pela bateria é dividida entre as lâmpadas, de modo que a soma das tensões sobre elas equivale à tensão total aplicada. Pelo princípio de conservação de energia:

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_N$$

Cada lâmpada no circuito representa um obstáculo à passagem da corrente, tornando-se uma resistência ao fluxo dos elétrons que passam pelo fio condutor. Dessa maneira, a resistência elétrica de cada filamento da lâmpada se soma às demais, o que resulta numa menor corrente no circuito e, conseqüentemente, menor brilho.

$$R_e = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_N$$

*Neste exemplo,  $R_e$  é o resistor equivalente de uma única lâmpada que poderia substituir (equivaler) a resistência de todas as outras quando ligadas em série.*

Ao decidir derrotar a indústria de gás em sua própria área, Edison havia se proposto uma tarefa que parecia sobre-humana. A meta não era nada menos do que a criação de todo um sistema de energia. De acordo com seu projeto, as casas que utilizassem luz elétrica estariam vinculadas a uma estação de fornecimento de energia, assim como já acontecia com as usinas de gás. E a ligação não seria feita com encanamentos, mas com reluzentes fios de cobre: quilômetros e quilômetros de fios de cobre, segurando uma cidade inteira em sua teia.

A prioridade máxima de Edison era clara. Ele teria de fornecer eletricidade para todas as lâmpadas de todos os assinantes individuais. E cada assinante deveria poder ligar ou desligar cada lâmpada a qualquer momento. Isso significava que elas tinham de ser ligadas por fios de um modo especial: um método que poucas pessoas haviam tentado. A instalação elétrica devia ter a disposição de um laço fechado, ou circuito, tanto vindo como voltando da fonte de energia. O modelo de fiação que Edison decidiu usar era chamado de **circuito paralelo**. O diagrama desse tipo de fiação parecia não com um colar, mas com uma escada de pedreiro. Em cada degrau ficava uma lâmpada. A corrente descia por um dos lados da escada e subia pelo outro. Também atravessava cada degrau, alimentando as lâmpadas — *desde que as luzes estivessem ligadas*. Se uma luz fosse desligada, a corrente “pulava” aquele degrau e continuava seu caminho pelo resto do circuito.



Disponível em <http://pt.silvestre.net/guest/bfbc7e0/portugal-ne-2-metodie-do-sc-xix>

**Fig. 25 - Foto de época em que a iluminação pública era a gás e precisava ser acendida manualmente.**

## Circuito em Paralelo

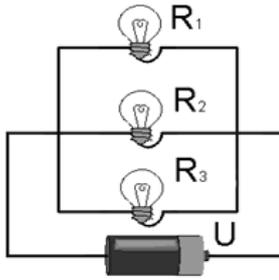


Fig. 26 - Representação de um circuito ligado em paralelo.

Vamos tentar entender as vantagens desse circuito.

### Atividade Experimental IX

Faça as montagens indicadas nas figuras (d) e (e). Observe o brilho das lâmpadas e compare com o brilho de uma só lâmpada ligada ao mesmo número de pilhas:

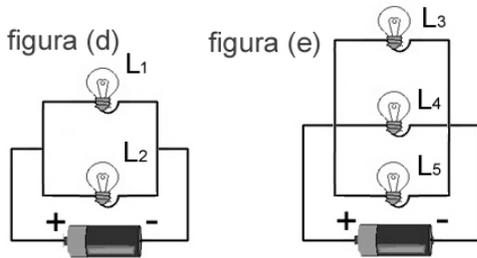


Fig. 27 - Esquema de duas e três lâmpadas ligadas em paralelo.

I) O que acontece com o brilho das lâmpadas cada vez que se adiciona mais uma lâmpada ao circuito?

---



---

II) Utilizando um voltímetro, meça a ddp sobre as lâmpadas e sobre as pilhas, e preencha a tabela:

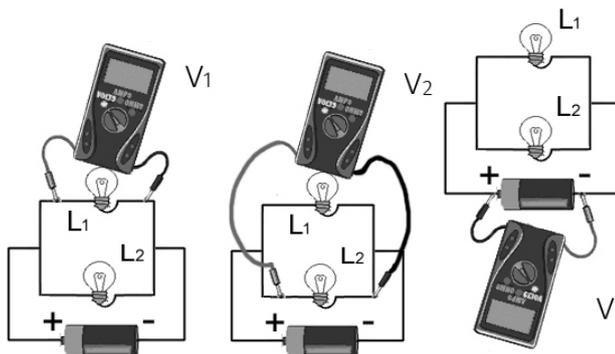


Fig. 28 - Esquema de medida da ddp utilizando a função voltímetro.

	Tensão (U)
V1	
V2	
V	

III) Analisando os resultados obtidos, o que podemos dizer sobre o comportamento da tensão no circuito paralelo?

---



---

IV) Em nossas casas, há muitas lâmpadas que, às vezes, precisam ficar acessas todas ao mesmo tempo. É evidente que nos interessa obter delas o máximo de iluminação possível. Levando em consideração o brilho das lâmpadas responda:

Qual a melhor maneira de ligá-las: em série ou em paralelo? Por quê?

---



---

V) Utilizando duas pilhas pequenas, refaça as ligações em paralelo com três lâmpadas. Desatarraxe e atarraxe cada uma delas, analisando o brilho. Responda:

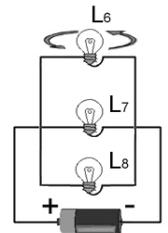


Fig. 29 - Enroscando, desenroscando uma lâmpada.

O que acontece com o brilho das demais lâmpadas quando tiramos ou acrescentamos mais uma lâmpada ao circuito?

---



---

VI) Utilizando duas pilhas grandes e alcalinas, refaça o procedimento anterior e verifique o que acontece com o brilho das lâmpadas.

a) Houve variação no brilho das lâmpadas?

---



---

b) A que você atribui essa diferença?

---



---

c) É comum percebermos uma queda de tensão em nossas casas, quando a luz fica mais fraca. Geralmente notamos que essa diferença é mais perceptível quando ligamos um chuveiro monofásico. Pensando nisso, o que podemos escrever sobre a diferença em utilizar pilhas pequenas e pilhas grandes em um circuito paralelo?

---



---

d) Se em um circuito paralelo podemos ligar várias lâmpadas, sem que o brilho se reduza como no circuito série, podemos ligar infinitas lâmpadas sem nos preocuparmos? Justifique.

---



---

## 2.9 AULA 9

Nesta aula, o estudante poderá verificar o comportamento da corrente elétrica em um circuito paralelo quando se adiciona ou se retira uma lâmpada do circuito. Esta atividade conta ainda com a construção do conceito de curto-circuito e pretende-se que ao final destas atividades, os alunos consigam perceber o significado físico de algumas equações utilizadas no circuito paralelo. Seguem as questões comentadas.

I) No circuito abaixo temos duas lâmpadas conectadas em série. Monte o circuito, e faça uma ponte com um interruptor ou um fio, conforme mostrado. Assinale a alternativa que corresponde à visualização do circuito ao fechar o interruptor:

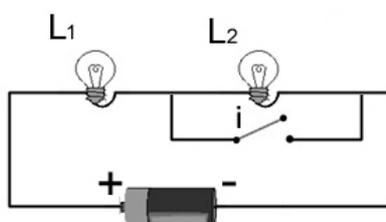


Fig. 30 - Simulação de um curto-circuito utilizando um fio condutor entre os terminais da lâmpada.

- a) Aumenta o brilho de  $L_1$ .
- b) O brilho de  $L_1$  permanece o mesmo.
- c) Diminui o brilho de  $L_1$ .
- d)  $L_1$  e  $L_2$  terão o mesmo brilho.

II) Remonte o circuito com um amperímetro e observe o que ocorre com o valor da corrente que passa antes e depois do interruptor ser ligado.

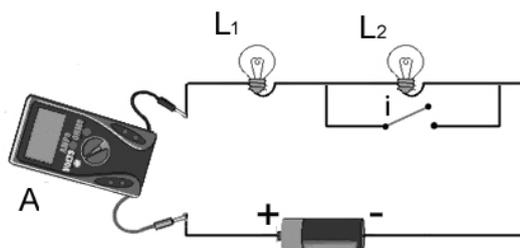


Fig. 31 - Medição da corrente com o interruptor aberto e fechado.

## DISCUTINDO O RESULTADO

Tente formalizar junto aos seus colegas a(s) causa(s) que justifique(m) o(s) fenômeno(s) encontrado(s).

Sugestão de resposta: Quando o interruptor é fechado, a corrente deixa de passar pela lâmpada, visto que a resistência dela é muito maior do que a do fio que fecha o circuito. Podemos compreender o porquê da lâmpada  $L_1$  brilhar mais de duas formas: pela resistência e pela tensão.

1° No circuito em série, as resistências se somam, o que diminui o fluxo de corrente; quando se retira uma das lâmpadas, a resistência total diminui, logo a corrente aumenta, o que provoca o aumento da tensão e do brilho de  $L_1$ .

2° No circuito em série, a tensão da bateria se divide entre as lâmpadas, o que ocasiona uma menor corrente, visto que a corrente depende da tensão, conforme visto na 1ª Lei de Ohm. Ao retirar uma lâmpada, esta tensão não é mais dividida e, com isso, a corrente aumenta.

## **Atividade Experimental XI**

### **CORRENTE EM UM CIRCUITO EM PARALELO**

#### **I) Compare as leituras de A4 nos circuitos A e B. Qual leitura é maior?**

No circuito A a leitura do amperímetro é menor.

#### **II) O que pode ser atestado sobre o obstáculo no circuito em paralelo?**

Sugestão de resposta: Quanto maior o número de lâmpadas, menor é a resistência elétrica, visto que aumentamos os caminhos que a corrente pode percorrer. A atividade experimental demonstra que a corrente que sai da pilha aumenta quando se adiciona mais uma lâmpada.

## **REFLETINDO OS RESULTADOS**

**I) Já havíamos visto que em um circuito em paralelo as lâmpadas continuam sempre com o mesmo brilho. Através do experimento, qual a causa provável para o brilho constante das lâmpadas não importando o número de ligações que se faça?**

Sugestão de resposta: A corrente que passa em cada degrau do circuito é sempre a mesma, porque a tensão não muda, ela é constante.

**II) Conclua citando três características principais de um circuito em paralelo que você pode constatar com esses experimentos.**

1° A tensão é constante.

2° A resistência equivalente é menor.

3° A corrente que sai da bateria, se divide entre os degraus do circuito.

Obs.: A resistência equivalente do circuito paralelo diminui a cada adição de lâmpadas, o que ocasiona um aumento da corrente total do circuito.

## Atividade Experimental X

### Pensando em obstáculo

Vimos que num circuito série quanto mais lâmpadas são conectadas, menor é o brilho de cada uma. Podemos atribuir esse fenômeno ao fato de que cada lâmpada representa um obstáculo à passagem da corrente pelo fio. Dessa maneira, quanto mais lâmpadas são conectadas em seqüência, maior será esse obstáculo e, portanto, menor será o valor da corrente que passa pelo fio.

Essa atividade tem como objetivo introduzir a ideia de curto-circuito e promover o raciocínio de que a corrente sempre procura o caminho de menor obstáculo, ou seja, de menor resistência elétrica.

I) No circuito abaixo temos duas lâmpadas conectadas em série. Monte o circuito. Faça uma ponte com um interruptor ou um fio, conforme mostrado. Assinale a alternativa que corresponde à visualização do circuito ao fechar o interruptor.

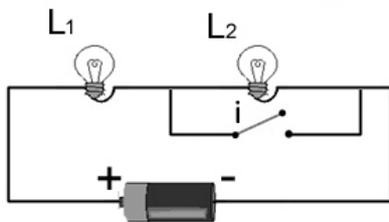


Fig. 32

- a) Aumenta o brilho de  $L_1$ .
- b) O brilho de  $L_1$  permanece o mesmo.
- c) Diminui o brilho de  $L_1$ .
- d)  $L_1$  e  $L_2$  terão o mesmo brilho.

II) Remonte o circuito com um amperímetro e observe o que ocorre com o valor da corrente que passa antes e depois do interruptor ser ligado.

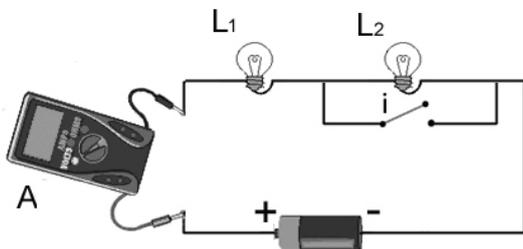


Fig. 33

### DISCUTINDO O RESULTADO

Tente formalizar, junto a seus colegas, a(s) causa(s) que justifique(m) o(s) fenômeno(s) encontrado(s):

---



---



---

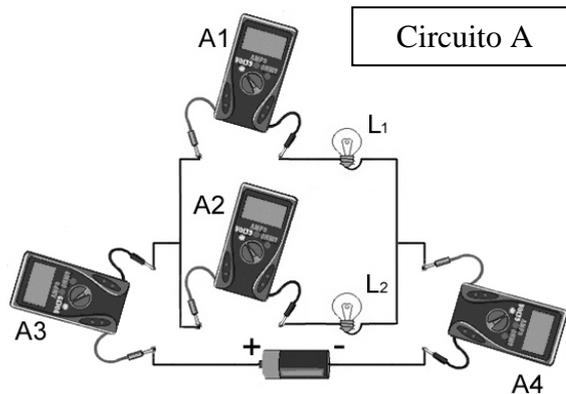


---

## Atividade Experimental XI

### CORRENTE EM UM CIRCUITO EM PARALELO

Meça a corrente no circuito paralelo movimentando o amperímetro para as posições indicadas na figura:



Medida da corrente no circuito A	
A1 = _____	A2 = _____
A3 = _____	A4 = _____

Fig. 34

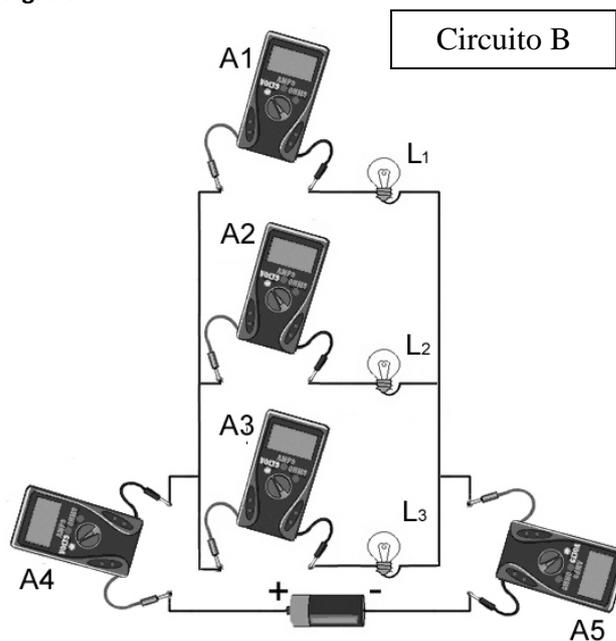


Fig. 35

Medida da corrente no circuito B		
A1 = _____	A2 = _____	A3 = _____
A4 = _____	A5 = _____	

I) Compare as leituras de A4 nos circuitos A e B. Qual leitura é maior?

---



---

II) O que pode ser atestado sobre o obstáculo no circuito em paralelo?

---

## REFLETINDO OS RESULTADOS

I) Já havíamos visto que em um circuito em paralelo as lâmpadas continuam sempre com o mesmo brilho. Através do experimento, qual a causa provável para o brilho constante das lâmpadas mesmo quando adicionado mais duas ou três lâmpadas?

---

---

II) Conclua citando três características principais de um circuito em paralelo que você pode constatar com esses experimentos.

---

---

---

---

## 2.10 AULA 10

Nesta aula fizemos um teste para avaliar os conhecimentos sobre circuitos. As sete questões objetivas a seguir tem como objetivo sintetizar as atividades investigativas desenvolvidas nas aulas anteriores de modo a buscar falhas no processo e corrigi-las utilizando a mesma metodologia. Em grupo, os estudantes devem responder o questionário e gerar hipóteses. Democráticamente eles devem escolher uma das respostas levantadas pelo grupo sem descartar nenhuma, ou seja, tudo deve ser anotado, visto que o erro também faz parte do processo de ensino e aprendizagem. O professor poderá conferir o gabarito com alguns comentários nesta e nas próximas páginas.

01) No circuito da Fig. 1, R é uma lâmpada de resistência diferente das lâmpadas  $L_1$  e  $L_2$ . Nesse circuito:

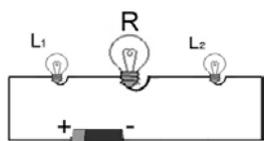


Fig. 36 - Figura 1 do teste.

- a)  $L_1$  e  $L_2$  têm o mesmo brilho.
- b)  $L_1$  brilha mais do que  $L_2$ .
- c) As três lâmpadas têm o mesmo brilho.
- d)  $L_2$  brilha mais do que  $L_1$ .

02) No circuito da Fig. 2, R é uma lâmpada de resistência diferente das lâmpadas 1 e 2. Nesse circuito:

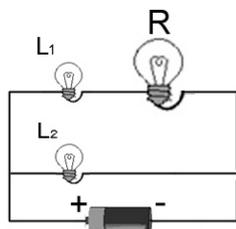


Fig. 37 - Figura 2 do teste.

- a)  $L_1$  tem o mesmo brilho que  $L_2$ .
- b)  $L_1$  brilha mais do que  $L_2$ .
- c) As três lâmpadas têm o mesmo brilho.
- d)  $L_2$  brilha mais do que  $L_1$ .

Os estudantes viram que a corrente é constante no circuito série e que todas as lâmpadas brilham igualmente. No entanto, isso é verdade quando todas as lâmpadas são iguais. E nesse circuito temos uma lâmpada diferente, que certamente precisa de uma outra corrente para funcionar perfeitamente. O problema 01 desafia a lógica e traz uma nova problematização, explicar o funcionamento da lâmpada R.

No problema 02, eles devem perceber que nesse circuito paralelo, o ramo de cima contém duas lâmpadas em série e que, portanto, a resistência da lâmpada  $L_1$  se soma à resistência da lâmpada R e, portanto, haverá maior resistência elétrica nesse ramo, o que resultará numa menor corrente. Portanto,  $L_2$  vai brilhar mais, pois passará maior corrente por ela, uma vez que a resistência nesse ramo é menor.

03) Comparando o brilho das lâmpadas dos circuitos abaixo, podemos concluir que:

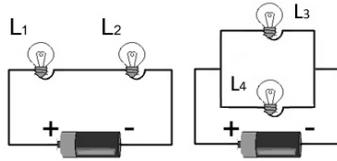


Fig. 38 - Figura 3 do teste.

- a)  $L_1$  tem o mesmo brilho do que  $L_4$ .
- b)  $L_1$  e  $L_2$  brilham iguais, mas com menor brilho do que  $L_3$  e  $L_4$ , que também possuem o mesmo brilho.**
- c) Todas têm o mesmo brilho.
- d)  $L_1$  e  $L_2$  brilham iguais, e com maior brilho do que  $L_3$  e  $L_4$ , que possuem o mesmo brilho.

04) No circuito da Fig. 4, o brilho de  $L_1$  é:

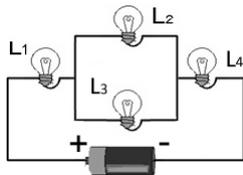


Fig. 39 - Figura 4 do teste.

- a) igual ao de  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$  e  $L_4$ .
- b) igual ao de  $L_4$ .**
- c) maior do que o de  $L_4$ .
- d) menor do que o de  $L_4$ .

05) O circuito da Fig. 4 foi modificado, pois se tirou a lâmpada  $L_3$ . O novo circuito é, então, o da Fig. 5.

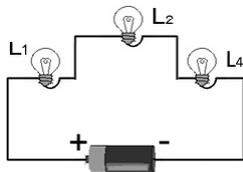


Fig. 40 - Figura 5 do teste.

Quando se compara o brilho de  $L_4$  nos circuitos das Fig. 4 e 5, ele é:

- a) maior no circuito da Fig. 5.
- b) menor no circuito da Fig. 5.**
- c) o mesmo nos dois circuitos.

O problema 03 compara os circuitos série e paralelo. O estudante deverá perceber que, se são lâmpadas iguais, devem apresentar o mesmo brilho entre si. No entanto, no circuito série (da esquerda), o brilho é menor porque a tensão é dividida, enquanto que no circuito em paralelo (da direita), o brilho de cada lâmpada é maior, pois a tensão se mantém, ou seja, tem o mesmo valor da tensão da bateria, desprezando sua resistência interna.

O exercício 04 traz um circuito misto, com  $L_1$  e  $L_4$  em série. O estudante deve entender que a corrente que passa por  $L_1$  precisa se dividir nos dois caminhos do circuito paralelo representados pelas lâmpadas  $L_2$  e  $L_3$  e volta a se unir antes de passar por  $L_4$ . Portanto, é a mesma corrente que passa nas lâmpadas  $L_1$  e  $L_4$ , logo elas brilham iguais.

O estudante deve perceber que, mesmo que o circuito do exercício 04 tenha mais lâmpadas do que o do exercício 05, a resistência elétrica equivalente entre  $L_2$  e  $L_3$  é menor do que a resistência de uma lâmpada sozinha ( $L_2$ ). Por ser um circuito série, a soma das resistências será maior e, portanto, o brilho de  $L_4$  será menor no circuito da Fig. 5.

06) No circuito da Fig. 6, quando o interruptor  $i$  é aberto, as lâmpadas  $L_3$  e  $L_4$  deixam de brilhar, embora  $L_2$  brilhe. O que acontece com as lâmpadas  $L_1$  e  $L_5$ ?

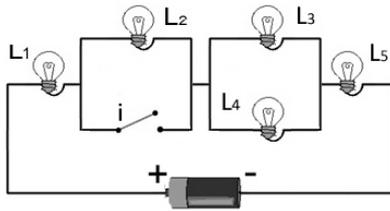


Fig. 41 - Figura 6 do teste.

- a) Nem  $L_1$  nem  $L_5$  brilham.
- b)  $L_1$  brilha, mas  $L_5$  não.
- c) Todas se apagam.
- d)  $L_1$  e  $L_5$  brilham iguais e mais forte que  $L_2$ .
- e)  $L_1$  e  $L_5$  brilham com a mesma intensidade que  $L_2$ .**

No circuito do exercício 06,  $L_3$  e  $L_4$  não brilham porque a corrente que passa por  $L_2$  se divide entre essas duas lâmpadas, não sendo suficiente para fazer o filamento aquecer a ponto de produzir luz. As correntes que passam por  $L_3$  e  $L_4$  se juntam novamente antes da lâmpada  $L_5$ . Sendo, então, a mesma corrente que passa por  $L_1$  e  $L_2$ , conclui-se que as três vão brilhar com a mesma intensidade.

07) No circuito da Fig. 7 abaixo:

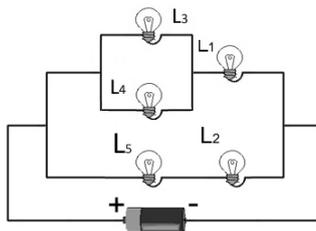


Fig. 42 - Figura 7 do teste.

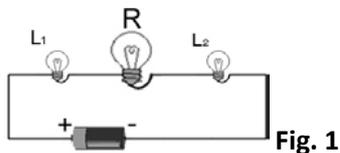
- a)  $L_1$  brilha mais do que  $L_2$ .**
- b)  $L_1$  brilha menos do que  $L_2$ .
- c)  $L_1$ ,  $L_2$  e  $L_5$  tem o mesmo brilho.
- d) Todas as lâmpadas têm o mesmo brilho.

A última questão do teste compara a resistência elétrica entre duas lâmpadas em paralelo com apenas uma lâmpada. O estudante deve ser capaz de assimilar que em um circuito paralelo a resistência equivalente sempre será menor que a menor das resistências, e que, portanto, o ramo de cima terá menor resistência que o ramo de baixo, visto que as lâmpadas são iguais e, portanto,  $L_3$  e  $L_4$  possuem, quando em paralelo, metade de sua resistência resultando assim, uma maior corrente passando por  $L_1$ .

## Teste seu conhecimento

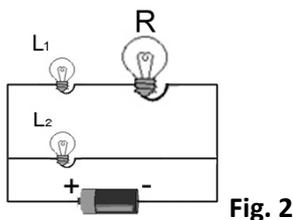
Em todos os circuitos, admite-se que as lâmpadas representadas sejam iguais, exceto a lâmpada R indicada.

01) No circuito da Fig. 1, R é uma lâmpada de resistência diferente das lâmpadas L1 e L2. Nesse circuito:



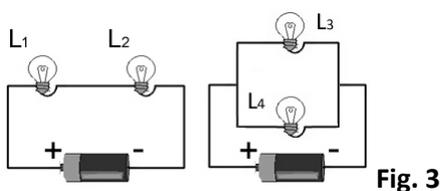
- L1 e L2 têm o mesmo brilho.
- L1 brilha mais do que L2.
- As três lâmpadas têm o mesmo brilho.
- L2 brilha mais do que L1.

02) No circuito da Fig. 2, R é uma lâmpada de resistência diferente das lâmpadas 1 e 2. Nesse circuito:



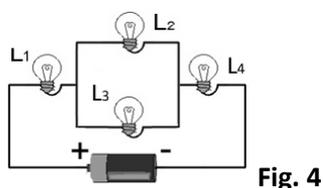
- L1 tem o mesmo brilho que L2.
- L1 brilha mais do que L2.
- As três lâmpadas têm o mesmo brilho.
- L2 brilha mais do que L1.

03) Comparando o brilho das lâmpadas dos circuitos abaixo, podemos concluir que:



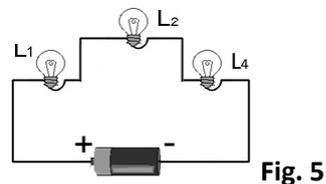
- L1 tem o mesmo brilho do que L4.
- L1 e L2 brilham iguais, mas com menor brilho do que L3 e L4, que também possuem o mesmo brilho.
- Todas têm o mesmo brilho.
- L1 e L2 brilham iguais e com maior brilho do que L3 e L4, que possuem o mesmo brilho.

04) No circuito da Fig. 4, o brilho de L1 é:



- igual ao de L1, L2, L3 e L4.
- igual ao de L4.
- maior do que L4.
- menor do que o de L4.

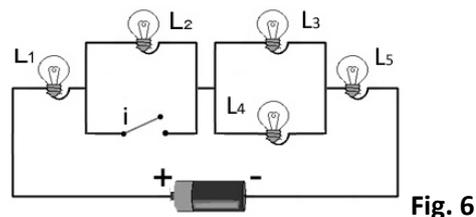
05) O circuito da Fig. 4 foi modificado, pois se tirou a lâmpada L3. O novo circuito é, então, o da Fig. 5.



Quando se compara o brilho de L4 nos circuitos das Fig. 4 e 5, ele é:

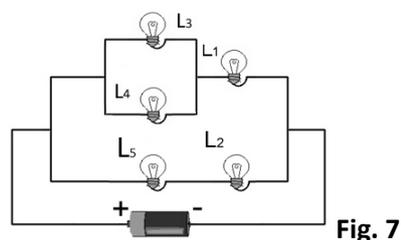
- maior no circuito da Fig. 5.
- menor no circuito da Fig. 5.
- o mesmo nos dois circuitos.

06) No circuito da Fig. 6, quando o interruptor i é aberto, as lâmpadas L3 e L4 deixam de brilhar, embora L2 brilhe. O que acontece com as lâmpadas L1 e L5?



- Nem L1 nem L5 brilham.
- L1 brilha, mas L5 não.
- Todas se apagam.
- L1 e L5 brilham iguais e mais fortes que L2.
- L1 e L5 brilham com a mesma intensidade que L2.

07) No circuito da Fig. 7, abaixo:



- L1 brilha mais do que L2.
- L1 brilha menos do que L2.
- L1, L2 e L5 tem o mesmo brilho.
- Todas as lâmpadas têm o mesmo brilho.

### Atividade Experimental XII

- Construa os circuitos do teste e confira suas respostas.
- Em uma folha faça uma narrativa dos resultados.

## 2.11 AULA 11

Para concluir a aula 10, os estudantes realizam a Atividade Experimental XII.

### **1º) Construa os circuitos do teste e confira suas respostas.**

A correção do teste é feita pelos próprios estudantes que constroem os circuitos para conferir o que acontece com o brilho das lâmpadas.

### **2º) Em uma folha faça uma narrativa dos resultados.**

Nesta atividade, os alunos devem escrever sobre os erros e acertos na atividade e se eles conseguem compreender o que estava errado e por quê.

## 2.12 AULA 12

Os estudantes assistem ao segundo vídeo A ERA DA INVENÇÃO que narra a história da construção do primeiro motor elétrico, o surgimento do telégrafo, a construção da lâmpada e a guerra conceitual entre Edison e Tesla, que ficou conhecida como guerra das correntes. O objetivo desta aula é mostrar que a física pode ser apaixonante quando se deseja construir ou descobrir a resposta para alguma pergunta ou curiosidade que temos, seja ela oriunda da natureza ou da tecnologia. Penso que, com esse vídeo, os estudantes possam ter uma visão geral dos circuitos trabalhados e que apesar de toda genialidade de Edison, a corrente alternada de Tesla foi fundamental para o avanço tecnológico a partir da eletricidade.

Esse vídeo pode ser encontrado com o áudio original e legendado ou na versão dublada.

Se a escola não possuir uma internet que possibilite a reprodução do vídeo, sugiro utilizar a versão dublada que aceita download. Os links estão no quadro a seguir:

Vídeo Dublado	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=8NN880JDP8M">https://www.youtube.com/watch?v=8NN880JDP8M</a>
Vídeo Legendado	<a href="http://www.dailymotion.com/video/x2e5y2l_choque-e-temor-a-historia-da-eletricidade-ep-2-a-era-da-invencao_school">http://www.dailymotion.com/video/x2e5y2l_choque-e-temor-a-historia-da-eletricidade-ep-2-a-era-da-invencao_school</a> ou <a href="HTTP://WWW.TEMPLODEAPOLO.NET/VER_VIDEO.ASP?COD_VIDEO=55&amp;SECAO=HIST%C3%B3RIA&amp;SUBSECAO=ESTADOS%20UNIDOS&amp;SERIE=HIST%C3%B3RIA%20DA%20ELETRICIDADE&amp;PRODUTORA=BBC">HTTP://WWW.TEMPLODEAPOLO.NET/VER_VIDEO.ASP?COD_VIDEO=55&amp;SECAO=HIST%C3%B3RIA&amp;SUBSECAO=ESTADOS%20UNIDOS&amp;SERIE=HIST%C3%B3RIA%20DA%20ELETRICIDADE&amp;PRODUTORA=BBC</a>

A transcrição deste vídeo, que cheguei a fazer durante seu uso, agora está disponível na internet, no seguinte endereço:

<http://www.oficinadapesquisa.com.br/APOSTILAS/IENG/HISTORIA.ELETRICIDADE.2.pdf>

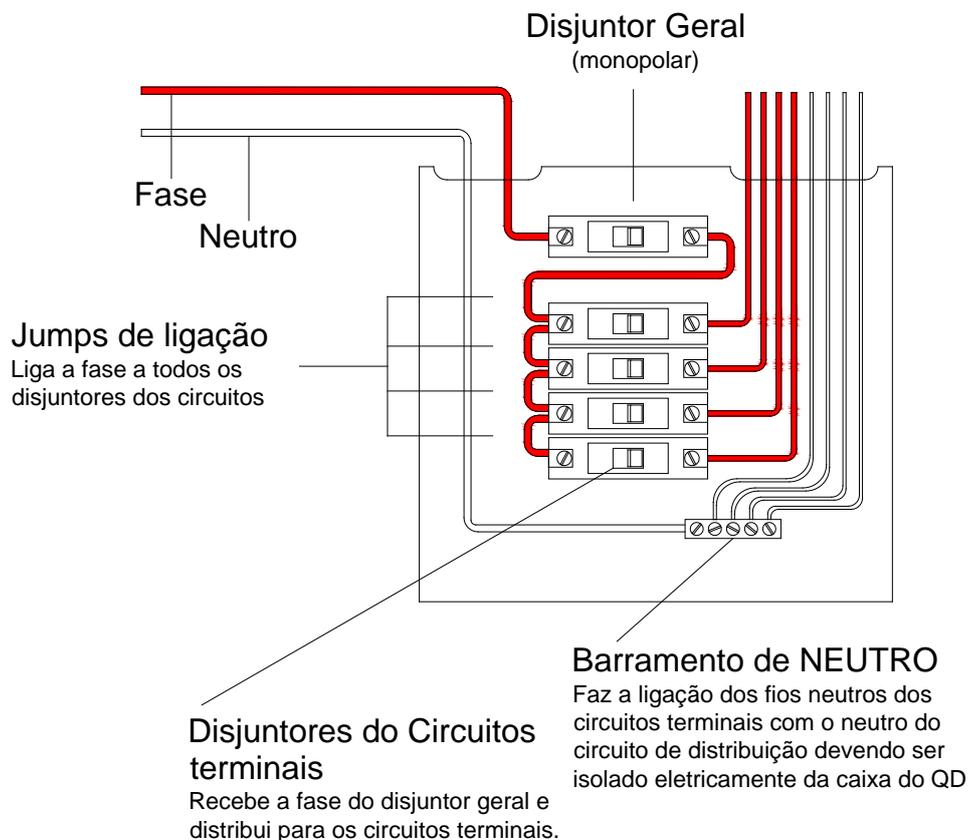
## 2.13 AULA 13

Fechando a sequência de atividades, na Aula 13, faço uma abordagem do primeiro trabalho descrito no Ensaio Dois, na seção 3.2 do texto da dissertação, que utiliza o tema de aparelhos elétricos sugerido nos PCNEM. O diferencial desta abordagem é a inserção de uma série de tabelas que eles devem completar. Elas foram criadas na tentativa de facilitar a correção. Na versão anterior, as tabelas eram apenas sugeridas, mas cada grupo fazia de um jeito o que acarretava em trabalhos muito grandes e outros muito pequenos, sem uma ordem específica. As tabelas organizam e criam um padrão, facilitando a visualização do trabalho. Foi acrescentada, ainda, a análise de custo mensal de energia de lâmpadas led quando comparadas com as incandescentes e fluorescentes.

Essas atividades possibilitam o dimensionamento do custo do consumo de energia em uma residência e permitem compreender o funcionamento das instalações elétricas 127 V e 220 V, os dispositivos de segurança e a espessura correta da fiação utilizada em conjunto com os disjuntores da casa.

## Atividade “Projeto Dimensionando Disjuntores”

A fim de garantir segurança e praticidade, é comum utilizarmos um quadro de disjuntores para separar os circuitos em uma residência. Na figura abaixo, está esquematizado este quadro.



**Fig. 43 - Esquema de ligação dos disjuntores.**

Abaixo temos dois quadros, um com a potência nominal de cada aparelho existente no interior da casa, e um com as especificações técnicas de lúmens por área a ser iluminada. Este segundo quadro permite saber qual a melhor lâmpada (LP) incandescente a ser utilizada por cômodo.

Eletrrodoméstico	Potência (W)	Tempo de uso ao dia
Maquina de lavar	Consumo: Energia (kWh/ciclo): 0,47	4 vezes por semana
Torradeira	800 W	30 minutos
Refrigerador	200 W	20 horas
Computador	500 W	8 horas
TV 32"	120 W	8 horas
TV 21"	80 W	6 horas
Abajur (Lp de 15W)	15 W	25 minutos
Lâmpada (Lp)		4 vezes por semana

Área do cômodo m <sup>2</sup>	Potência da Lâmpada - Watt		
	Sala/copa/cozinha	Quarto e varanda	Banheiro
até 6	60	60	60
6 a 7,5	100	100	60
7,5 a 10,5	100	100	100
Corredores e escadas	até 3 m de comprimento :40 W de 3 m a 4,5 m : 60 W de 4,5m até 5,3 m : 100 W		

No projeto arquitetônico de uma residência, deseja-se determinar a espessura dos condutores a serem utilizados para a ligação dos disjuntores terminais do circuito, assim como os respectivos disjuntores a serem instalados. **Ver a planta baixa ao final do texto.**

Sabe-se que a tensão nominal da casa é de 127 V, e que o engenheiro determinou que haverá uma caixa de distribuição (CD), como o exposto na figura da página anterior, em que um disjuntor deve ser dimensionado apenas para o chuveiro e um outro para a iluminação de toda a casa, incluindo o alpendre, e mais dois só para as tomadas, sendo que um desses deve ficar dimensionado somente para a cozinha e deve ter uma segurança de 25% da carga já existente.

1° Determine a potência mínima das lâmpadas a serem utilizadas em cada cômodo da casa.

Cômodo	N° de Lâmpadas	Potência (W)
Cozinha		
Dormitório do casal		
Dormitório		
Sala		
Banheiro		
Corredor		
Alpendre		

2° Pesquise no mercado um chuveiro 110 V e cite sua potência.

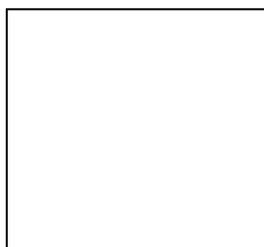


Foto do chuveiro

Especificações Técnicas:

3° Pesquise no Regulamento de Instalações Consumidoras (RIC) da Companhia Estadual de Geração e Transmissão de Energia Elétrica (CEEE) a espessura do fio utilizada em tomadas e complete o quadro de disjuntores esquematizado abaixo:

	Circuito 1	Circuito 2	Circuito 3	Circuito 4
Disjuntor				
Espessura do fio				
Potência existente				
Potência suportada pelo circuito				

4° Estime:

- o número de moradores da casa, o tempo de banho de cada um por dia;
- o tempo que cada lâmpada fica ligada por dia.

Complete a tabela dos equipamentos citados:

Quantidade	Aparelho	Potência (W)	Tempo de uso diário (h)	Energia (kWh)
	Maquina de lavar			
	Torradeira			
	Refrigerador			
	computador			
	TV 32"			
	TV 21"			
	Abajur LP (15W)			
		Energia total:		
<b>Lâmpadas Incandescentes</b>				
Quantidade	Aparelho	Potência (W)	Tempo de uso diário (h)	Energia (kWh)
	Lp (cozinha)			
	Lp (dormitório/casal)			
	Lp (dormitório/solteiro)			
	Lp (banheiro)			
	Lp (sala)			
	Lp (corredor)			
	Lp (alpendre)			
		Energia total:		

5° Faça o cálculo do custo de energia mensal da casa utilizando o kWh de uma conta de luz de um dos componentes do grupo. **Atenção:** deve ser anexada ao trabalho uma cópia desta conta para conferir o valor do kWh utilizado.

Consumo de energia total da casa por mês	
Valor a pagar:	R\$

6° Refaça o cálculo do custo mensal de energia trocando as lâmpadas incandescentes por lâmpadas fluorescentes e leds equivalentes incandescentes utilizadas no projeto da casa. **Atenção:** deve ser anexada ao trabalho a fonte utilizada para determinar a equivalência em lúmens.

Lâmpadas Fluorescentes				
Quantidade	Aparelho	Potência (W)	Tempo de uso diário (h)	Energia (kWh)
	Lp (cozinha)			
	Lp (dormitório/casal)			
	Lp (dormitório/solteiro)			
	Lp (banheiro)			
	Lp (sala)			
	Lp (corredor)			
	Lp (alpendre)			
			Energia total:	

Consumo de energia total da casa por mês	
Valor a pagar:	R\$

Lâmpadas Leds				
Quantidade	Aparelho	Potência (W)	Tempo de uso diário (h)	Energia (kWh)
	Lp (cozinha)			
	Lp (dormitório/casal)			
	Lp (dormitório/solteiro)			
	Lp (banheiro)			
	Lp (sala)			
	Lp (corredor)			
	Lp (alpendre)			
			Energia total:	

Consumo de energia total da casa por mês	
Valor a pagar:	R\$

7° Complete o quadro comparando os três tipos de lâmpadas para cada peça da casa.

<b>Cozinha</b>		
Lp (Incandescente)	Lp (Fluorescente)	Lp (Led)
Foto Potência ( _____ W)	Foto Potência ( _____ W)	Foto Potência ( _____ W)

<b>Dormitório do casal</b>		
Lp (Incandescente)	Lp (Fluorescente)	Lp (Led)
Foto Potência ( _____ W)	Foto Potência ( _____ W)	Foto Potência ( _____ W)

<b>Dormitório solteiro</b>		
Lp (Incandescente)	Lp (Fluorescente)	Lp (Led)
Foto Potência ( _____ W)	Foto Potência ( _____ W)	Foto Potência ( _____ W)

<b>Sala</b>		
Lp (Incandescente)	Lp (Fluorescente)	Lp (Led)
Foto Potência ( _____ W)	Foto Potência ( _____ W)	Foto Potência ( _____ W)

<b>Corredor</b>		
Lp (Incandescente)	Lp (Fluorescente)	Lp (Led)
Foto Potência ( _____ W)	Foto Potência ( _____ W)	Foto Potência ( _____ W)

<b>Alpendre</b>		
Lp (Incandescente)	Lp (Fluorescente)	Lp (Led)
Foto Potência ( _____ W)	Foto Potência ( _____ W)	Foto Potência ( _____ W)

<b>Banheiro</b>		
Lp (Incandescente)	Lp (Fluorescente)	Lp (Led)
Foto Potência ( _____ W)	Foto Potência ( _____ W)	Foto Potência ( _____ W)

8° Descubra o preço destas lâmpadas e estime, a partir da economia gerada pela troca das lâmpadas, quanto tempo levaria para o proprietário ter o retorno financeiro do investimento.

Custo total das lâmpadas fluorescentes	R\$ =
Tempo para o custo benefício	$\Delta t$ =
Custo total das lâmpadas leds	R\$ =
Tempo para o custo benefício	$\Delta t$ =

