

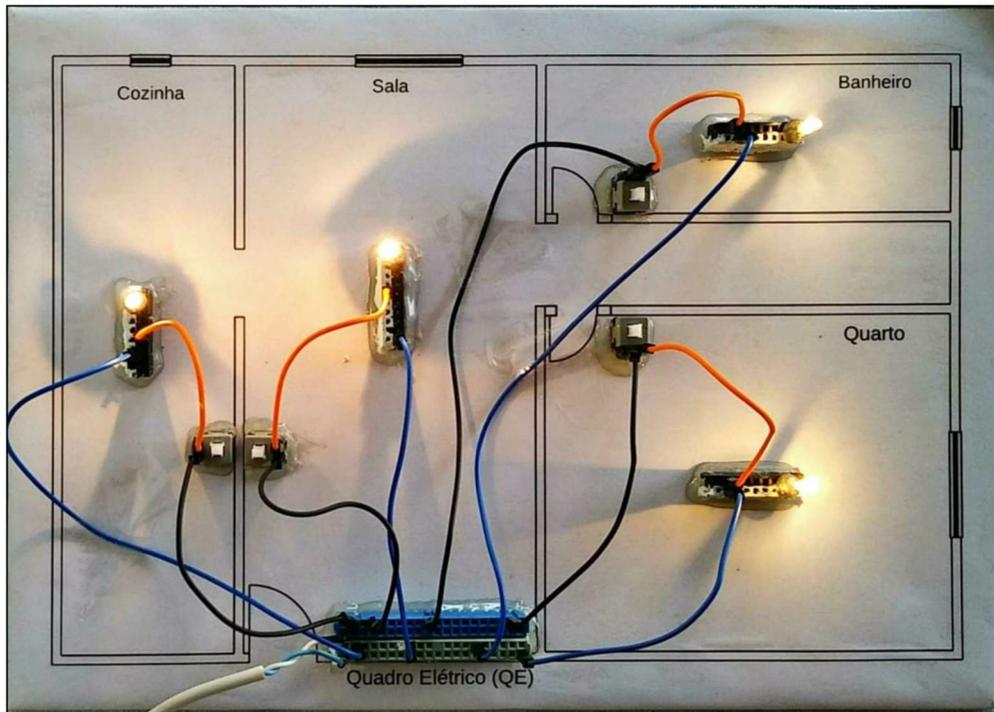
APÊNDICE H – PRODUTO EDUCACIONAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

PRODUTO EDUCACIONAL



SEQUÊNCIA DIDÁTICA UTILIZANDO PROTÓTIPO DE CIRCUITO ELÉTRICO DE ILUMINAÇÃO RESIDENCIAL PARA O ENSINO DE ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES

Artur Bezerra da Silva

São Cristóvão/SE

Fevereiro de 2020

Sumário

1	Introdução.....	109
2	Fundamentação Teórica	110
2.1	Aprendizagem significativa.....	110
3	Texto de Apoio.....	112
3.1	Corrente elétrica.....	113
3.2	Resistores	118
3.3	Força Eletromotriz - FEM	120
3.4	Energia potencial dissipada	121
3.5	Associação de resistores	122
3.5.1	Associação em série.....	123
3.5.2	Associação em paralelo.....	124
3.5.3	Associação mista.....	125
3.6	Instrumento de Medida.....	127
4	Planejamento de Aplicação do Protótipo	129
5	Elaboração do produto.....	131
5.1	Elaboração do protótipo de circuito elétrico	131
5.2	Confecção das lâmpadas.....	140
5.3	Adaptação do cabo do multímetro	141
5.4	Fonte de alimentação.....	143
5.5	Cabos jumper	143
6	Sequência Didática.....	144
	Plano de Aula	144
	Roteiro Experimental – PROFESSOR.....	146
	Roteiro Experimental – ESTUDANTE.....	158
7	Conclusão.....	166
	Referências Bibliográficas.....	167

1 INTRODUÇÃO

Caro professor, acerca daquilo que vislumbramos em sala de aula, buscamos elaborar um produto educacional que promova um processo de ensino e aprendizagem próximo a vivência do aluno na contribuição para uma aprendizagem significativa, com estratégias na construção de uma visão científica por meio de atividades que tenham o potencial de considerar o mundo em que os jovens estejam inseridos.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais Para o Ensino Médio - PCN+, mostram a necessidade de ensinar física no sentido mais amplo de uma formação desejada.

E esse sentido emerge na medida em que o conhecimento de física deixa de constituir um objetivo em si mesmo, mas passa a ser compreendido como um instrumento para a compreensão do mundo. Não se trata de apresentar ao jovem a física para que ele simplesmente seja informado de sua existência, mas para que esse conhecimento se transforme em uma ferramenta a mais em suas formas de pensar e agir (BRASIL, 2002, p.58).

Assim, a realização de experimento que envolva o cotidiano do aluno torna-se importante pois atribui ao conhecimento um significado no momento da sua aprendizagem, além de oferecer o potencial de se desenvolver competências para lidar com as situações do seu cotidiano. “É dessa forma que se pode garantir a construção do conhecimento pelo próprio aluno, desenvolvendo sua curiosidade e o hábito de sempre indagar, evitando a aquisição do conhecimento científico como uma verdade estabelecida e inquestionável” (BRASIL, 2002, p.81).

Portanto, é inegável que os laboratórios tradicionais são importantes para os alunos, em geral envolve atividade através de roteiro, comprovações de leis científica e promovem interações em grupos, montagem, conhecimento de instrumento, no qual o aluno possa ver na prática o que acontece na teoria (BORGES, 2002). Segundo Tamir (1991) citado por Borges (2002, p.296), “no que é denominado laboratório tradicional, o aluno realiza atividades práticas, envolvendo observações e medidas, acerca de fenômenos previamente determinados pelo professor”.

Entretanto, há experimentos que não envolve o cotidiano do aluno, o que torna a aprendizagem uma sequência de roteiro, onde o objetivo é chegar a resposta certa. Assim como cita Borges

As principais críticas que se fazem a estas atividades práticas é que elas não são efetivamente relacionadas aos conceitos físicos; que muitas delas não são relevantes do ponto de vista dos estudantes, já que tanto o problema como o procedimento para resolvê-lo estão previamente determinados; que as operações de montagem dos equipamentos, as atividades de coleta de dados e os cálculos para obter respostas esperadas consomem muito ou todo o tempo disponível. Com isso, os estudantes dedicam pouco tempo à análise e interpretação dos resultados e do próprio significado da atividade realizada (BORGES,2002, p.296).

Nesse contexto grande parte dos experimentos baseados em circuitos elétricos normalmente não exploram a vivência do aluno, são atividades práticas com o intuito de elaborar associação de resistores, LEDs etc. Para medição de grandeza elétrica e comprovação de leis. Portanto, são abordagens tradicionais que precisam ser revistas, evitando-se experiências que se reduzem a uma lista de procedimentos previamente fixados, cujo sentido nem sempre está claro para o aluno (BRASIL, 2002).

Portanto, desenvolvemos uma sequência didática a parti da utilização de um protótipo com desenho de uma planta baixa residencial, de forma a simular as ligações em uma rede monofásica residencial com receptores (lâmpadas de filamento), condutores (fio jumper), interruptores e quadro elétrico (fonte de 5 volts). Deste modo, esperamos que o aluno possa manipular as ligações com segurança e entender qual o comportamento da intensidade luminosa em uma planta residencial ao realizar as ligações em série, paralelo e mista.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

“Embora existam consideráveis evidências de que as abordagens tradicionais são ineficazes no ensino dos conceitos de Física, a maioria dos estudantes ainda continua a ser ensinada com aulas expositivas” (SOKOLOFF; THORNTON, 1997, p.3). Logo, a busca por métodos de ensino que envolva o

cotidiano do aluno e produza modificações nas concepções espontâneas que os estudantes trazem para a aula, podem ser meios pelos quais os professores, ao estimular a curiosidade, tenham o potencial de provocar mudança na estrutura cognitiva do aluno tornando a aprendizagem significativa.

Assim, a busca por situações que tenham o potencial de tornar a aprendizagem significativa pode encorajar os professores a realizarem mudanças na estratégia de ensino, pois a forma como o professor leciona ou desenvolve determinado assunto, seja através de modo tradicional ou via experimentos, pode influenciar o aluno a gostar ou não do assunto abordado.

De acordo com Moreira:

A aprendizagem significativa é um processo por meio do qual uma nova informação relaciona-se com um aspecto especificamente relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo, ou seja, este processo envolve a interação da nova informação com uma estrutura de conhecimento específica, a qual Ausubel define como conceito subsunçor, ou simplesmente subsunçor, existente na estrutura cognitiva do indivíduo (MOREIRA, 1999, p.161).

A informação adquirida se ancora em um subsunçor pré-existente do aprendiz que resulta no crescimento e mudança do subsunçor estudado. Essa interação entre o conhecimento novo e prévio torna a aprendizagem significativa.

Em vista disso, a aprendizagem mecânica pode ser considerada como uma memorização de informações sem relação com conhecimentos anteriores e experiências vivenciadas pelo aluno. Diferente da aprendizagem significativa no qual o aluno relaciona o conhecimento com informações relevantes de forma intencional (NOVAK *et al.*, 2000).

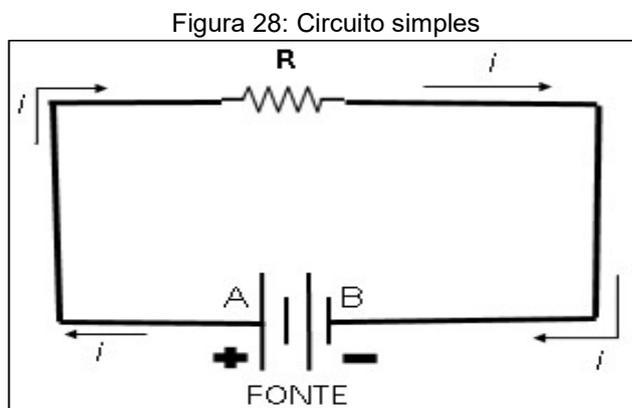
Portanto, para Ausubel (2003) além do aluno apresentar predisposição em querer aprender, é fundamental que o experimento seja relacionado com sua estrutura cognitiva de forma não arbitrária e não literal, objetivando contextualizar com o seu dia a dia, para não transformar o ensino numa obrigação curricular sem entusiasmo.

3 TEXTO DE APOIO

Neste material de apoio, temos o conteúdo da física no nível de complexidade adequado, de modo que, o professor possa ter a liberdade e a competência na realização da transposição didática.

De acordo com Brasil (2002), em sua estrutura, o PCN+ aborda o tema equipamentos elétricos e telecomunicações como requisito para as atividades da escola. Devendo propiciar o estudo da eletricidade em conceitos eletrodinâmicos e eletromagnéticos, a fim de promover o dimensionamento e a execução de pequenos projetos residências.

O circuito elétrico é um caminho fechado, constituído de condutores, pelo o qual passam as cargas elétrica, desde modo dizemos que a eletricidade fluir pelo condutor. Na figura 28 temos uma figura lógica abstrata que retrata o diagrama de circuito simples, e mostra quais dispositivos estão conectados no circuito, essa figura pode ser bastante diferente do circuito real, mas terá a mesma lógica nas conexões. Assim, o circuito elétrico mais simples tem um gerador de tensão conectado um receptor R .



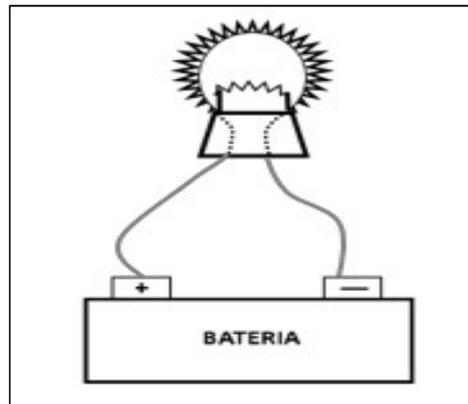
Fonte: Autoria própria

No nosso experimento haverá um gerador de tensão 5 volts contínuo, cabos condutores, lâmpadas receptoras incandescentes com tensão nominal de aproximadamente 4 volts e instrumentos de medida. Com isso retrataremos o conteúdo da física que envolve associação de resistores (lâmpadas), e abordaremos as grandezas elétricas que envolve um circuito elétrico.

3.1 CORRENTE ELÉTRICA

Um fio condutor está em equilíbrio eletrostático quando possui o mesmo potencial e o campo elétrico é zero em todos os pontos do fio. Quando introduzimos uma bateria no circuito produzimos uma diferença de potencial entre os pontos do fio que estão ligados a bateria. Com isso a bateria produz um campo elétrico no interior do fio, que faz com que as cargas elétricas se movam, em movimento controlado no circuito. A esse movimento de cargas constitui corrente elétrica, que depois de um pequeno intervalo de tempo, esse movimento de elétrons atinge um valor constante e a corrente entra no regime estacionário.

Figura 29: Bateria conectada, por fio condutores, a uma lâmpada. O filamento da lâmpada é parte do fio condutor.



Fonte: Autoria própria

Definimos a corrente de elétrica como a taxa, em coulombs por segundo, do fluxo das cargas Q pelo fio.

Equação 31:
$$I \cong \frac{dQ}{dt}$$

E para uma corrente constante temos:

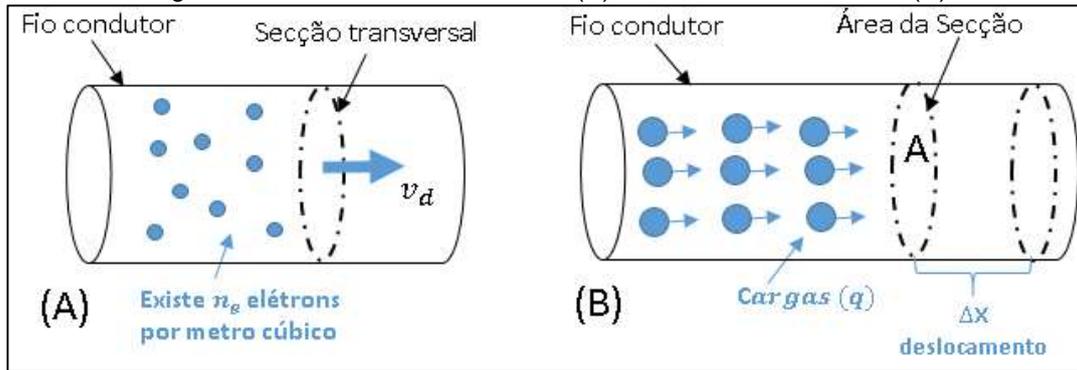
$$I = \frac{Q}{\Delta t}$$

Podemos também definir a corrente de elétrons i_e como o número de elétrons que atravessa seção transversal por segundo.

Equação 32:
$$i_e = \frac{N_e}{\Delta t}$$

A unidade de corrente no SI é o coulomb por segundo, ou ampère, representado pelo símbolo A. Onde 1 ampère = 1A = 1 coulomb por segundo = 1C/s.

Figura 30: Fio condutor no instante t (A). Fio conduzindo corrente (B)



Fonte: Autoria própria

Ao ligar o fio condutor aos terminais de uma bateria, o campo elétrico gerado por ela faz com que os elétrons se movam ao longo da trajetória. Esses elétrons aceleram, aumentando sua energia cinética, até a próxima colisão com os outros íons, daí são espalhados aleatoriamente para uma nova direção e o processo de colisão recomeça. Assim a velocidade do elétron muda abruptamente devido a uma série de colisões. Esse processo repetido de colidir e acelerar imprime ao elétron uma velocidade média diferente de zero, chamada de velocidade de deslocamento v_d (KNIGHT, 2009).

Imediatamente após a colisão com um íon, o elétron foi espalhado com uma velocidade \vec{v}_0 . A aceleração do elétron após as colisões é

Equação 33:
$$a_e = \frac{F}{m} = \frac{eE}{m}$$

Onde E é a intensidade do campo elétrico no interior do fio e m é a massa do elétron.

Se observamos todos os elétrons do metal no instante de tempo, a sua velocidade média de deslocamento será:

Equação 34:
$$v_d = \overline{v_{0x}} + \frac{eE}{m} \overline{\Delta t}$$
 (A barra sobre as grandezas indica valor médio)

Sabendo-se que a velocidade $\overline{v_{0x}}$ é nula, pois na ausência de um campo elétrico, a velocidade inicial orientada para o deslocamento ΔX é zero, então temos que:

Equação 35:
$$v_d = \frac{eE}{m} \overline{\Delta t}$$

Podemos expressar uma corrente com base na velocidade de deslocamento v_d das cargas que se movem. Vamos considerar a figura 4(B), onde temos o fio condutor em forma de cilindro, com seção reta de área A e um campo \vec{E} orientado da esquerda para a direita. Suponhamos que n partículas carregadas se movam com a mesma velocidade de deslocamento com módulo v_d , e para um intervalo de tempo dt , cada partícula se desloca a uma distância $\Delta x = v_d dt$. As partículas que fluem pela extremidade do cilindro, deslocam-se por uma distância Δx , são partículas que estavam no interior do fio, no início do intervalo dt . Assim sabendo-se que o volume do cilindro é dado por $\Delta V = A\Delta x$. O número total de elétrons no cilindro é:

Equação 36:
$$N_e = n_e \Delta V = n_e A \Delta x = n_e A v_d \Delta t$$

Comparando-se a equação 2 com a equação 6 tem-se a corrente de elétron no fio.

Equação 37:
$$i_e = n_e A v_d$$

Assim no modelo da condução da corrente elétrica, ao utilizamos a equação dos elétrons $i_e = n_e A v_d$ na equação 38, iremos constatar que a intensidade do campo elétrico E , em um fio condutor de seção transversal A , gera uma corrente elétrica.

Equação 38:
$$i_e = \frac{n_e e \overline{\Delta t} A}{m} E$$

A densidade eletrônica n_e , e o tempo médio de colisão $\overline{\Delta t}$ são propriedades do metal. Assim concluímos que a corrente de elétrons é diretamente proporcional a intensidade do campo elétrico E .

A equação 38, possui uma relação muito próxima a equação 1, cada elétron tem uma carga de valor e , com um total é $Q = e \cdot N_e$. Logo, a corrente convencional I e a corrente de elétrons i_e estão correlacionado por.

$$\text{Equação 39: } I = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{eN_e}{\Delta t} = e \cdot i_e$$

Apesar das semelhanças, a corrente de elétrons i_e , é a taxa segundo a qual os eletros se movem, e se relaciona diretamente aos portadores de carga. A corrente I , é a taxa segundo carga de elétrons se move, é usualmente mais prática e podemos medir a sua intensidade por meio de um multímetro. Entretanto essa distinção é apenas importante em nível microscópico, e não produz nenhuma diferença real, pois a principal aplicação da corrente elétrica é a sua análise em um circuito, que é um dispositivo macroscópico.

Para entender o fluxo de cargas através da seção reta de um condutor em um certo ponto de um circuito, precisamos descrever esse fluxo usando a densidade de corrente \vec{J} , que será positiva se tiver o mesmo sentido da velocidade de carga e negativas se tiver sentido oposto. Podemos escrever a corrente que atravessa o elemento de área como $\vec{J} \cdot \vec{dA}$, em que \vec{dA} é o vetor área do elemento perpendicular. A corrente total que atravessa a superfície é, portanto $I = \int \vec{J} \cdot \vec{dA}$. Como a corrente é uniforme e paralela em toda a superfície temos.

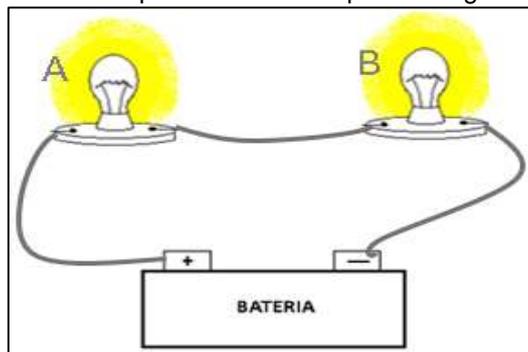
$$I = \int J \cdot dA = J \int dA = JA$$

$$\text{Equação 40: } J = \frac{I}{A}$$

Assim a densidade de corrente J no condutor é a corrente por metro quadrado de seção de área A . E tem por unidade o A/m^2 .

Para o sentido da corrente, devido aos portadores de cargas serem elétrons, o qual são partículas negativamente carregadas. O campo elétrico gerado pela bateria faz essas partículas se deslocar no sentido oposto, ou seja, do terminal negativo para o terminal positivo. Porém devido a razões históricas, convencionou-se o fluxo de corrente do maior para o menor potencial denominando-se corrente convencional.

Figura 31: Duas lâmpadas de mesma potência ligadas em série

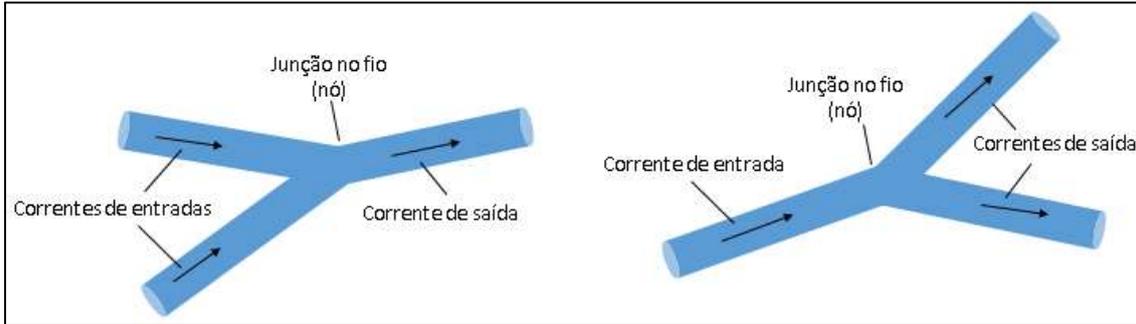


Fonte: Autoria própria

Na figura 5 mostra duas lâmpadas iguais ligadas a uma bateria para Knight (2009) o aluno pode pensar que *A* brilha mais que *B* porque a corrente transporta cargas positivas do polo positivo para o polo negativo e alcança *A* primeiro. Assim para brilhar, *A* deve utilizar parte da corrente, sobrando menos corrente para *B*. Ou que os verdadeiros portadores de cargas são os elétrons, que se movem do polo negativo para o positivo, como a corrente chega primeiro em *B*, pode-se imaginar que *B* brilha primeiro.

Nessa situação, ambas as lâmpadas terão o mesmo brilho, mas não há diminuição na intensidade da corrente, pois está é a quantidade de cargas por segundo que se move ao longo do circuito. Só há duas maneiras de se diminuir a corrente: diminuindo a quantidade de cargas ou diminuindo a velocidade de deslocamento das cargas através do fio. Portanto, como ressalta Knight (2009), o filamento da lâmpada não pode destruir o elétron sem violar o princípio da conservação da massa e da conservação da carga, ou seja, a taxa de elétrons que sai da lâmpada é a mesma que entra na lâmpada, assim a corrente é igual em todos os pontos de um fio que conduz uma corrente, sendo esse chamado de princípio da conservação da corrente.

Figura 32: A corrente que entra na junção do fio é igual a soma da corrente que sai.



Fonte: Autoria própria

Na figura 32 temos o princípio da conservação da corrente um fio. O elétron não pode ser gerado nem eliminado, e essa taxa elétrons que entra no condutor, ao chegar na junção, precisa ser contrabalanceada, de modo que na saída essa taxa seja a mesma. Essa junção, na qual a corrente se ramifica, é chamada de **nó** e assim temos a Lei de Kirchhoff ou lei dos nós.

Equação 41:
$$\sum I_{entrada} = \sum I_{saída}$$

3.2 RESISTORES

O resistor é um componente bipolar com a função de apresentar resistência a passagem de cargas elétrica. Com isso sua função é transformar a energia elétrica em energia térmica (efeito Joule) ou ainda limitar a intensidade da corrente elétrica no circuito. Na figura 29 temos uma lâmpada ligada a uma bateria por fios condutores. Todo o fio condutor esquenta ao ser percorrido por uma corrente elétrica, se o fio é fino e longo ele esquenta bastante, a ponto de ficar incandescente e brilhar, tal como o filamento de tungstênio em lâmpada incandescente. Isso ocorre devido as colisões do entre os elétrons e os íons dos átomos do metal que transformam a energia cinética dos elétrons em energia térmica, fazendo o material aquecer. Dessa maneira, lâmpadas incandescentes se enquadram como resistor, por ter como efeito secundário a incandescência luminosa. Portanto, por questão prática, vamos tratar as lâmpadas como resistores a fim de igualar a potência elétrica total com a potência dissipada.

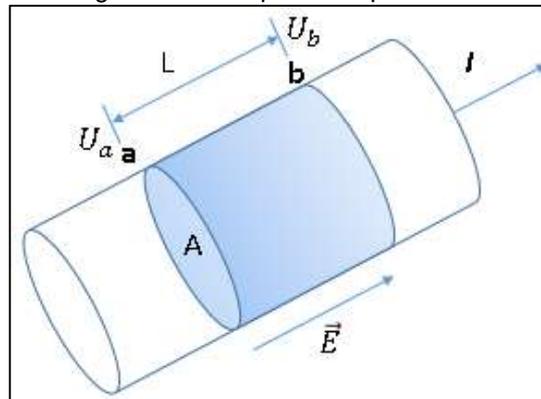
Em um condutor, a densidade de corrente \vec{j} depende diretamente do campo elétrico \vec{E} e das propriedades do material. Apesar de ser uma dependência

complexa, para certos metais em uma dada temperatura, \vec{j} é quase diretamente proporcional a \vec{E} , e a razão entre os módulos de \vec{E} e \vec{j} permanece constante. Assim definimos resistividade p de um material como a razão entre o módulo do campo elétrico e o módulo densidade de corrente.

Equação 42:
$$p = \frac{E}{j}$$

A resistividade p é uma constante específica do material, como é o caso de condutores ôhmicos, sendo uma medida da oposição do material ao fluxo de elétrons.

Figura 33: Segmento de fio por onde passa uma corrente I .



Fonte: Autoria própria

Na figura 33 a queda de potencial $U = U_a - U_b$ está relacionado ao campo elétrico \vec{E} .

Equação 43:
$$U_a - U_b = EL \rightarrow U = EL$$

Relacionando o valor da corrente I à diferença de potencial U nas extremidades de um fio. Supondo que os módulos da densidade de corrente \vec{j} e do campo elétrico \vec{E} sejam uniformes através do condutor. Fazendo $I = A \cdot j$ e isolando E na equação 43 obtemos.

Equação 44:
$$j = \frac{E}{p} \rightarrow \frac{I}{A} = \frac{U}{L \cdot p} \rightarrow I = \frac{A}{pL} U$$

Podemos escrever a resistência de um condutor, de forma útil, relacionando-a com sua resistividade.

Equação 45: $R = \frac{A}{pL}$ (a unidade no SI em ohm (Ω), e é definido como $1\Omega = 1V/A$.)

Sabendo-se que a corrente total I é proporcional a diferença de potencial U . Podemos também determinar a resistência como a constante dessa razão. Fazendo a relação da equação 44 com a equação 45, temos:

Equação 46: $R = \frac{U}{I}$ (equação da Lei de Ohm)

A diferença de potencial U nas extremidades do resistor cria um campo elétrico que produz uma corrente. Quanto menor for a resistência, maior será a corrente. Essa relação simples é chamada de Lei de Ohm, e foi descoberta em 1826 pelo físico alemão Georg Simon Ohm (1787-1854).

3.3 FORÇA ELETROMOTRIZ - FEM

Para manter uma corrente estacionária no circuito, precisamos de algo que forneça energia elétrica. O dispositivo que fornece energia elétrica para o circuito é chamado de fem \mathcal{E} . Pilhas, baterias, geradores elétricos e células solares são todos exemplos de fonte de fem. Antigamente fem era chamada de força eletromotriz, porém esse termo não é muito adequado, pois a fem não é força e sim energia por unidade de carga. De modo que, hoje em dia é conhecido apenas por fem sem significado (KNIGHT, p.915, 2009). Entretanto, esse termo é pouco utilizado e podem ser chamados no sistema ideal como ddp (diferença de potencial), bateria, gerador ou simplesmente de fonte. Uma fem realiza trabalho não conservativo, aumentando ou diminuindo a energia potencial na carga. Sua unidade no SI é em volts (V). Em um circuito simples ideal, como na figura 28, a fonte de fem é ligada a um resistor por dois fios com resistência desprezível, a queda de potência nos terminais do resistor é igual a magnitude da fem \mathcal{E} e a corrente I através do resistor é dada por $I = \mathcal{E}/R$.

Admitindo-se que a carga flui no sentido convencional. No interior da fonte, a carga flui do menor para o maior potencial, ganhando energia potencial elétrica. Quando uma carga ΔQ flui através de uma fonte ideal fem \mathcal{E} , sua energia potencial aumenta pela quantidade $\Delta Q\mathcal{E}$. A carga então flui através do resistor, onde sua

energia potencial é dissipada como energia térmica. A taxa na qual a energia é fornecida pela fonte de fem é a potência da fonte.

$$\text{Equação 47: } P = \frac{(\Delta Q)\varepsilon}{\Delta t} = I \cdot \varepsilon \text{ (potência fornecida por uma fonte ideal)}$$

Em uma bateria real, a ddp e seus terminais, não é simplesmente igual à fem da bateria. Se colocamos no circuito um resistor variável R , a corrente vai variar com a variação da resistência, e ao medirmos a ddp nos terminais da bateria V iremos constatar que a ddp diminui com o aumento da corrente, como se houvesse um resistor no interior da bateria.

Portanto podemos considerar que uma bateria real consiste em uma fonte ideal de fem ε e um resistor interno com resistência r . Se a corrente do circuito é I , e o potencial no ponto a está relacionado ao ponto b , então:

$$\text{Equação 48: } U_A = U_B + \varepsilon - Ir \quad \rightarrow \quad U_A - U_B = \varepsilon - Ir$$

A tensão no resistor R é IR e é igual a tensão nos terminais a e b :

$$IR = U_A - U_B \rightarrow IR = \varepsilon - Ir$$

$$\text{Equação 49: } I = \frac{\varepsilon}{R+r}$$

Uma bateria boa tem resistência interna bastante pequena e, portanto, a tensão nos terminais é praticamente igual a fem.

$$\text{Equação 50: } \varepsilon = R \cdot I \text{ (fem da bateria)}$$

3.4 ENERGIA POTENCIAL DISSIPADA

Quando submetido a um campo elétrico, os eletros se chocam com os íons convertendo energia cinética em energia térmica, chamada de aquecimento joule. O resistor transforma energia elétrica exclusivamente em energia térmica. Logo a potência elétrica consumida por um resistor é dissipada. Nos circuitos elétricos quando a corrente I , flui do potencial a para b no intervalo de tempo dt , uma quantidade de carga ΔQ percorre o resistor, e a variação resultante da energia potencial de Q é:

Equação 51: $\Delta W = \Delta Q(U_a - U_b)$

Onde $U_a > U_b$ é a queda potencial no segmento na direção e sentido da corrente. A taxa de perda de energia potencial é.

Equação 52: $-\frac{\Delta W}{\Delta t} = \frac{\Delta Q}{\Delta t} U$

O valor negativo é devido a taxa de perda de energia potencial ir do polo de maior potencial (a) ao polo de menor potencial (b).

Tomando o limite Δt tendendo a zero.

Equação 53: $-\frac{dW}{dt} = \frac{dQ}{dt} U \rightarrow -\frac{dW}{dt} = I \cdot U$

Onde $I = dQ/dt$ é a corrente, e a taxa de perda de energia potencial é P . Igual a dissipação de energia potencial elétrica.

Equação 54: $P = I \cdot U$

Se U está em volts e I está em ampères, a potência estará em watts (W). Essa potência dissipada se aplica qualquer dispositivo no circuito. Em um resistor, percorrido por uma corrente elétrica, podemos escrever a energia potencial dissipada relacionando-a a Lei de Ohm.

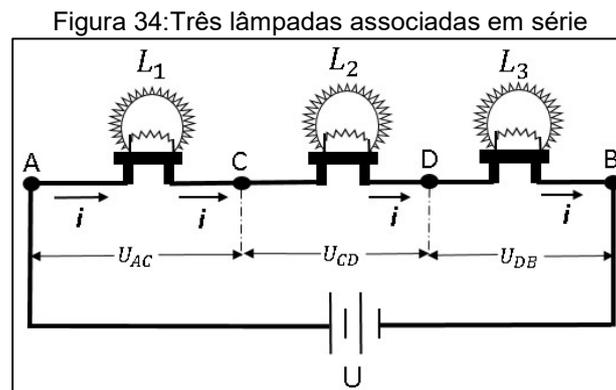
Equação 55: $P = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R} \cdot i$ (Potência fornecida a um resistor)

3.5 ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES

Como vimos na figura 28 um circuito simples é constituído por um único resistor conectado aos terminais de uma fonte, atente que esse circuito é formado por um único caminho contínuo fechado. Em determinadas situações, é comum precisarmos de um certo valor de resistência não disponível isoladamente ou, ainda, ligar um aparelho em uma fonte cuja ddp é maior que a especificada para o aparelho. Em tais casos, torna-se necessário associar resistores, a fim de atingimos o objetivo desejado. Assim grande parte análise de circuito consiste em verificar diferentes combinações de resistores. Assim, podemos simplificar essa combinação de resistores substituindo-os por um único resistor equivalente. Essas associações podem ser do tipo série, paralelo ou uma composição de ambas, chamada de associação mista.

3.5.1 ASSOCIAÇÃO EM SÉRIE

Dois ou mais resistores, em particular lâmpadas, estão associados em série quando são percorridos pela mesma corrente elétrica. Para que ocorra isto, é suficiente que, na ligação entre os dispositivos não exista nós. A figura 34 representa três lâmpadas associadas em série.



Fonte: Autoria própria

Devido a inexistência de nós a corrente é a mesma em todas as lâmpadas, ou seja, a corrente que entra em L_1 é a mesma que sai de L_3 .

A ddp total é a soma das ddps de cada lâmpada.

Equação 56:
$$U = U_{AC} + U_{CD} + U_{DB}$$

Podemos substituir todas a lâmpadas, por uma única lâmpada com resistência equivalente R_{Eq} , de modo que a corrente consumida por essa lâmpada R_{Eq} seja a mesma. Aplicando-se, na equação 56 a Lei de Ohm $U = R \cdot I$, têm-se que a resistência equivalente é a soma das resistências das lâmpadas associadas.:

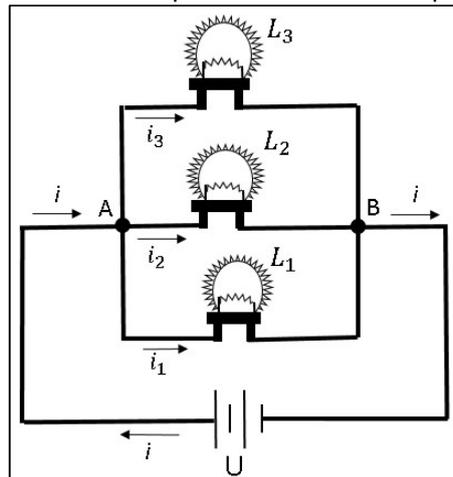
Equação 57:
$$R_{Eq} = R_{L_1} + R_{L_2} + R_{L_3}$$

Para n resistores a ideia é a mesma $R_{Eq} = R_{L_1} + R_{L_2} + R_{L_3} + \dots + R_n$. Nessa análise, o importante é o entendimento que, na associação em série, a corrente é a mesma em todas as lâmpadas.

3.5.2 ASSOCIAÇÃO EM PARALELO

Duas ou mais lâmpadas, estão associados em paralelo quando estão conectados por ambas as extremidades e assim submetidos à mesma ddp. A figura 35 representa três lâmpadas associadas em paralelo.

Figura 35: Três lâmpadas associadas em paralelo



Fonte: Autoria própria

Observe que a extremidade a esquerda das lâmpadas está ligada ao ponto A e a extremidade a direita das lâmpadas esta todas ligada ao ponto B. Portanto, as três lâmpadas estão submetidas ao mesmo potencial U_{AB} .

Pela lei dos nós, a corrente I que chega no ponto A, se divide em três partes I_1, I_2 e I_3 . No ponto B elas são recombinadas e a soma das correntes no ponto B é igual a corrente I que entra no ponto A.

Equação 58:
$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

Aplicando-se a Lei de Ohm na equação 58 tem-se que o inverso da soma das resistências associadas é igual ao inverso resistência equivalente. Assim podemos

então substituir no circuito os resistores por um único resistor equivalente que conduza a mesma corrente elétrica I .

$$\begin{aligned}\text{Equação 59: } I &= \frac{U_{Ab}}{R_{L1}} + \frac{U_{Ab}}{R_{L2}} + \frac{U_{Ab}}{R_{L3}} \rightarrow \\ I &= U_{Ab} \left(\frac{1}{R_{L1}} + \frac{1}{R_{L2}} + \frac{1}{R_{L3}} \right) \rightarrow \\ \left(\frac{1}{R_{L1}} + \frac{1}{R_{L2}} + \frac{1}{R_{L3}} \right) &= \frac{I}{U_{Ab}} \\ R_{EQ} &= \frac{U_{Ab}}{I}\end{aligned}$$

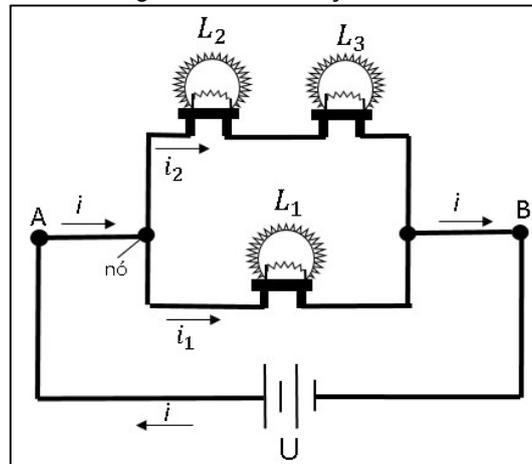
Os três resistores agiram exatamente igual ao resistor equivalente, e para N resistores a lógica da associação segue uma sequência $\frac{1}{R_{EQ}} = \frac{1}{R_{L1}} + \frac{1}{R_{L2}} + \frac{1}{R_{L3}} + \dots + \frac{1}{R_N}$. E o mais importante é o entendimento que, na associação em paralelo, a ddp é a mesma em todas as lâmpadas.

3.5.3 ASSOCIAÇÃO MISTA

Associação mista é um único circuito onde há combinação de resistores em série e paralelo. A figura 36 está representa um exemplo de três lâmpadas em uma associação mista. Na verdade, a maioria dos circuitos que conhecemos são associações mistas de vários dispositivos eletrônicos.

Podemos ter um circuito simples ou complexo, contudo podemos laborar a simplificação do circuito por partes e encontra a resistência equivalente.

Figura 36: Associação mista



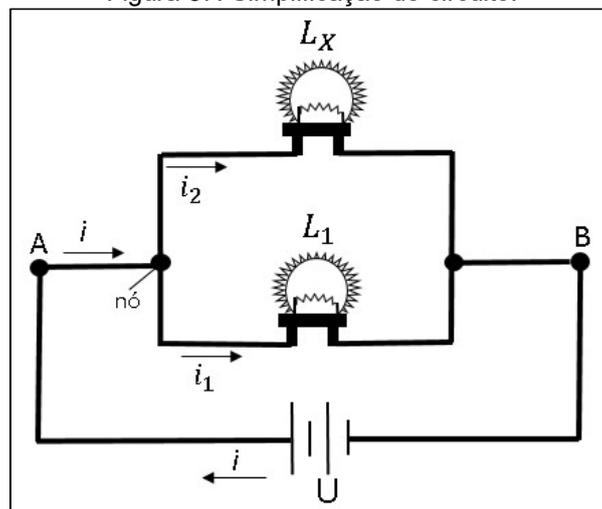
Fonte: Autoria própria

Na figura 36 observamos que há um nó, onde a corrente é dividida em i_1 e i_2 . Duas lâmpadas (L_2 e L_3) sendo percorrida pela mesma corrente i_2 (associação em série), e estão ligadas ao mesmo potencial da lâmpada L_1 (associação em paralelo). Podemos começar a simplificar esse circuito achando a resistência equivalente entre L_2 e L_3 que chamemos de R_x .

Equação 60:
$$R_x = R_{L_2} + R_{L_3}$$

Logo o desenho dessa simplificação será:

Figura 37: Simplificação do circuito.



Fonte: Autoria própria

Agora ficou fácil identificar que a resistência R_{L_1} está em paralelo com a resistência R_X e realizar os cálculos para encontrar a resistência equivalente.

3.6 INSTRUMENTO DE MEDIDA

O multímetro é um aparelho que permite fazer as medições de ddp, corrente, resistência elétricas entre outras grandezas. Portanto, em um único aparelho, temos um voltímetro e amperímetro. Normalmente possui orifício para a conexão de cabos e uma chave seletora cuja posição determina a grandeza a ser medida. Para o nosso experimento iremos abordar o multímetro de forma superficial com a medição da tensão e corrente elétrica.

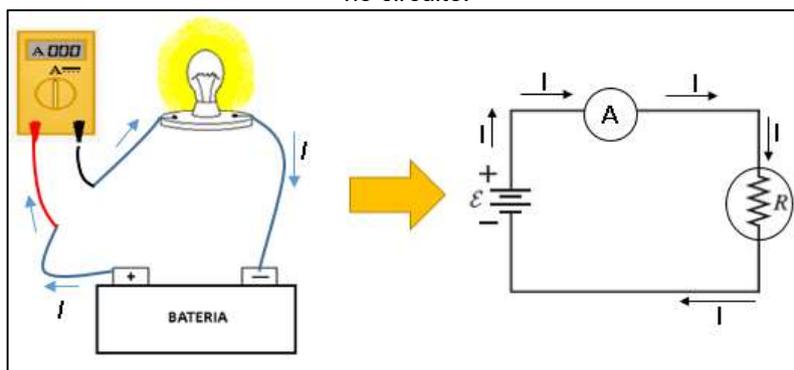
Figura 38: Multímetro digital



Fonte: Autoria própria

O dispositivo que mede a corrente elétrica é chamado de amperímetro. Para realizar essa medição é necessário introduzir o amperímetro em série no ramo do circuito, e assim medir a corrente que passa através do aparelho. Para o instrumento da figura 12, é imprescindível desligar a fonte e realizar a abertura do circuito para introduzir o amperímetro no ramo desejado, a fim de ter uma melhor segurança e evitar danos ao circuito.

Figura 39: Conexão do amperímetro no circuito. A esquerda desenho realista. A direita o diagrama no circuito.

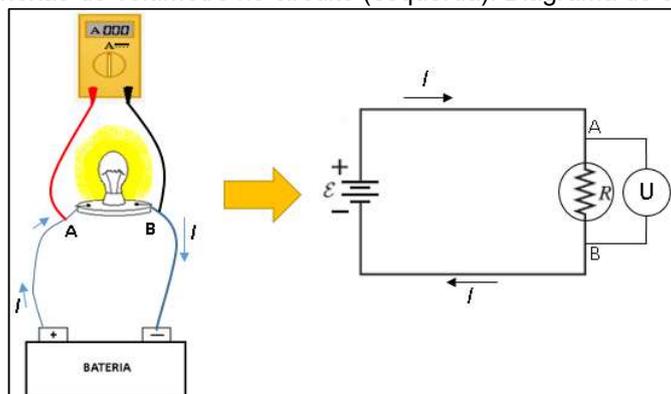


Fonte: Autoria própria

Como o amperímetro está em série com o resistor R , é necessário que ele tenha uma resistência baixa para não interferir na corrente do circuito. Certamente no amperímetro ideal a resistência é próxima a zero, assim é sempre desejável que a resistência do amperímetro seja a menor possível ($R_{AMP} \cong 0$). Em sua medição, a depender da escala adotada, a leitura da corrente pode ser em miliampère ou microampère.

O disposto que mede diferença de potencial é o voltímetro. Assim para se medir a é necessário colocar o voltímetro em paralelo ao elemento do circuito o qual a ddp deseja ser medida. Nesse caso não há necessidade de desligar e nem de abrir o circuito. O voltímetro reduz a resistência total do circuito, assim para evitar interferência na corrente é essencial que o voltímetro tenha resistência extremamente elevada ($R_{VOL} \cong \infty$).

Figura 40: Conexão do voltímetro no circuito (esquerda). Diagrama do circuito (direita).



Fonte: Autoria própria

4 PLANEJAMENTO DE APLICAÇÃO DO PROTÓTIPO

O protótipo de circuito elétrico de iluminação residencial consiste em simular as ligações do circuito envolvendo quadro elétrico, condutores, interruptores e receptores, para o estudo de associação de resistores em série, paralelo e mista. Em nossas aplicações ele foi utilizado durante as aulas do 3º ano do ensino médio nos conteúdos Lei de Ohm e associação de resistores, mas isso pode variar dependendo da escola, dos estudantes, do tempo disponível, enfim, do contexto ao qual se encontra o ambiente escolar.

A sequência didática foi aplicada em nove aulas, com duração de cinquenta minutos cada, as quais serão divididas em seis etapas que chamaremos de encontros. Os encontros que envolvem aplicação do questionário de conhecimento prévio serão intercalados aqueles que envolvem a aplicação do experimento, sendo o último dos seis encontros destinado ao processo de avaliação da evolução conceitual do aluno. Cada encontro de aplicação do questionário para identificação do conhecimento prévio terá duração de uma hora-aula, enquanto que cada encontro para aplicação do experimento, bem como o teste final, terá duração de duas horas-aula.

Na sequência apresenta-se um quadro com as atividades e carga horária de cada encontro, sempre lembrando que esse cronograma pode ser modificado para se adaptar aos diferentes contextos escolares.

Quadro 1: Cronograma das atividades realizadas no protótipo de circuito elétrico de iluminação residencial para o ensino de associação de resistores.

Encontro	Atividade	Carga Horária
1	Apresentação do mestrado Nacional e objetivo da aplicação do produto.	25 minutos
	Demonstração simples do protótipo e distribuição do termo de anuência, para a autorização dos pais dos alunos, na produção da pesquisa.	25 minutos
2	Aplicação do questionário para o conhecimento prévio 01 com o objetivo de identificar a concepção do aluno sobre o circuito elétrico em ligação simples e associação em série.	50 minutos
3	Instrumentos de medida, exibindo o multímetro e suas escalas, e como realizar as medições da tensão e da corrente elétrica em um circuito simples.	20 minutos
	Atividade experimental 01, com a montagem do circuito e realização de medições e cálculo das grandezas elétricas envolvidas tensão, corrente, resistência equivalente e potência elétrica.	80 minutos
4	Aplicação do questionário sobre os conhecimentos prévios 02, envolvendo associação de lâmpadas em paralelo e mista.	50 minutos
5	Aplicação da atividade experimental 02 com ligação no protótipo das lâmpadas associadas em paralelo e mista com medição e cálculo as grandezas elétricas envolvidas.	100 minutos
6	Questionário final envolvendo todo o conteúdo abordado nos experimentos.	100 minutos

5 ELABORAÇÃO DO PRODUTO

Na confecção e utilização do produto os materiais utilizados foram os seguintes:

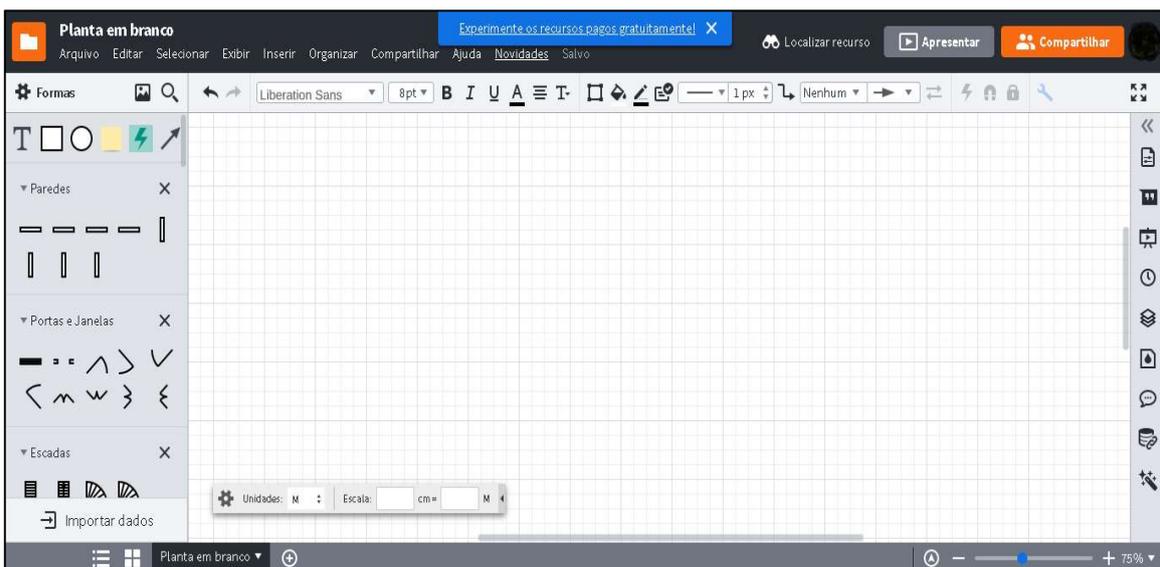
- *Software lucidchart*;
- Capa dura de caderno;
- Cola branca;
- Papel contato;
- Conector *latch* fêmea extraído de Cabo IDE;
- Ferro de Solda;
- Filamento de cobre;
- Pasta para soldar;
- Cola instantânea;
- Isolante termo retrátil de 2,5mm e 1 mm.
- Lâmpada de filamento pisca-pisca natalino;
- Chave *push button* com trava;
- Conector barra pino macho 2x40,11,2 mm - 180 graus;
- Conector barra pino fêmea 1x40,11,2mm -180 graus;
- Cabo *jumper* macho-macho 20 cm;
- Cabo *jumper* fêmea-fêmea 10 cm;
- Fonte de celular (5 Volts).
- Pistola de cola quente de 100 W.

5.1 ELABORAÇÃO DO PROTÓTIPO DE CIRCUITO ELÉTRICO

Passo 1: *Elaboração do desenho da planta baixa residencial.*

Acessar gratuitamente o programa online *lucidchart*. No qual, tem o *layout* inicial conforme figura 41.

Figura 41: Programa *lucidchart*



Fonte: Maker (2013)

Na figura 42 temos as funções marcadas em vermelho para criação da planta conforme descrito a seguir:

Função 1: Inserir o nome nos ambientes da planta;

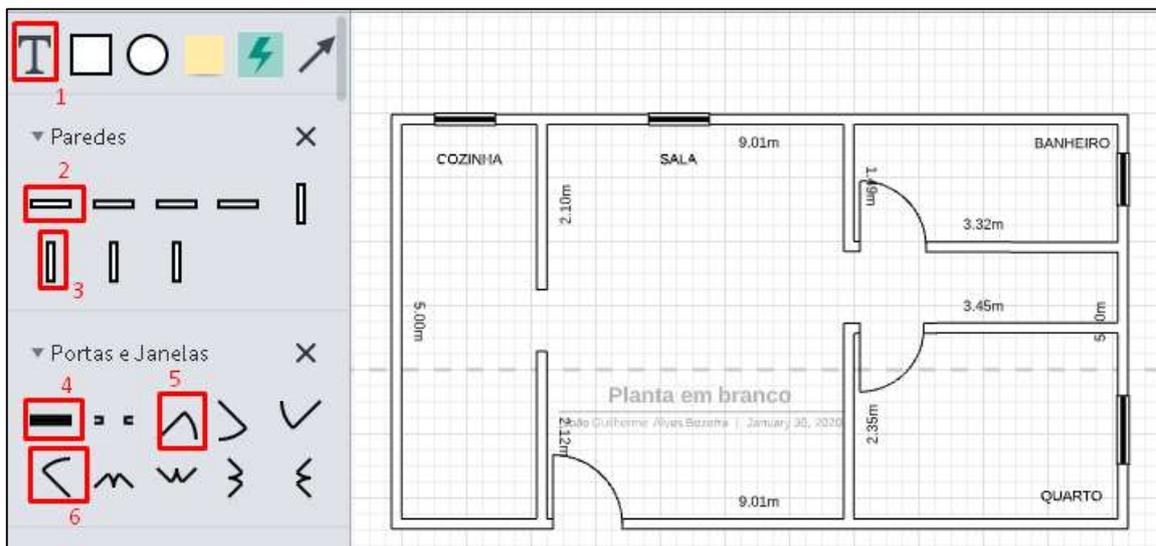
Função 2: Inserir paredes horizontal;

Função 3: Inserir paredes vertical;

Função 4: Inserir janelas;

Funções 5 e 6: Inserir portas;

Figura 42: Criação da planta no programa

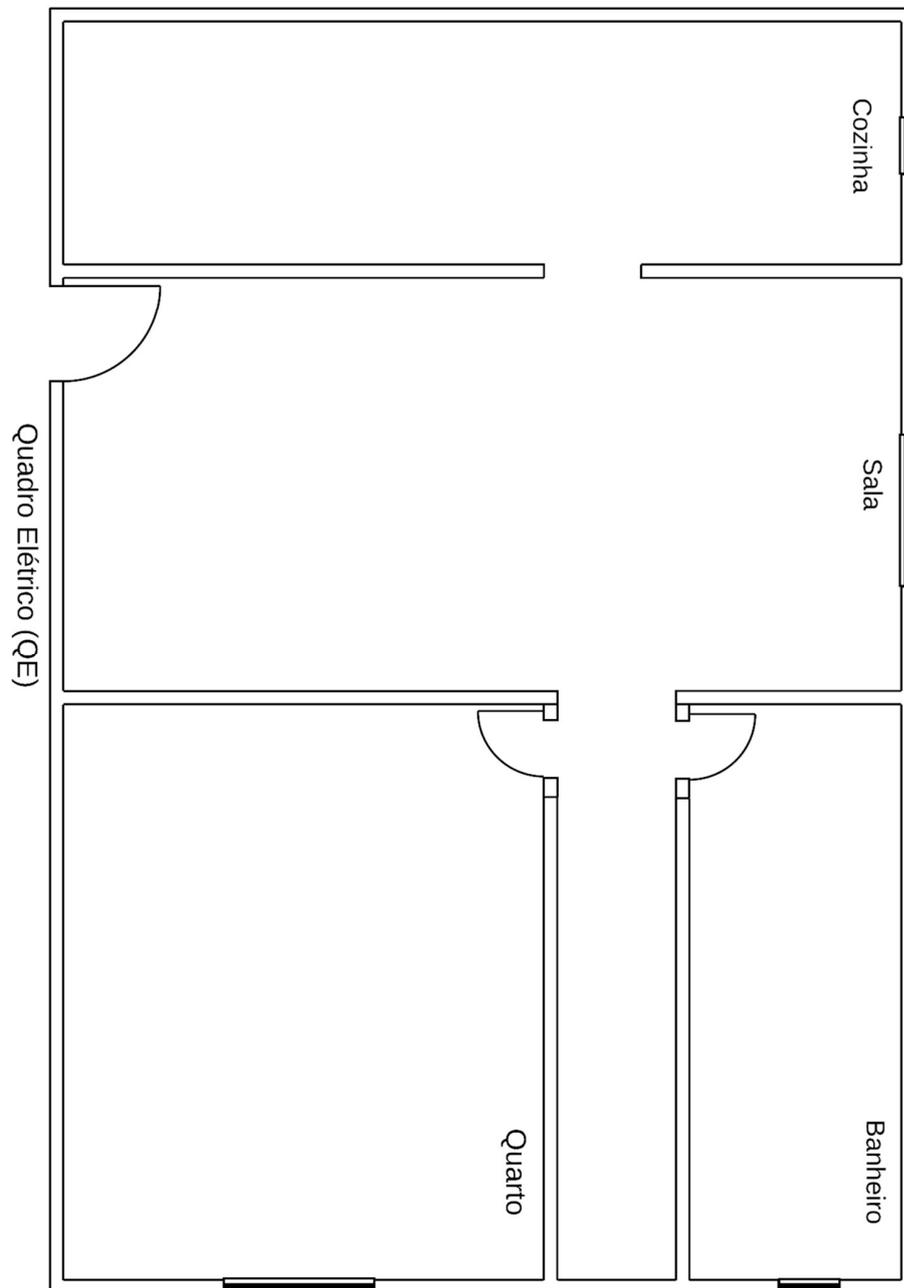


Fonte: Maker (2013)

O tamanho e tipos de ambientes na casa é de livre escolha, entretanto procuramos construir uma planta com quatro cômodos comuns a qualquer casa e elaboramos a sequência didática com base nesses ambientes. A medição do tamanho dos ambientes não é necessária. Para retirar estas medidas seguir o seguinte passo: *Selecionar toda a planta > clicar com botão esquerdo > opções de parede > ocultar comprimento.*

Para exportar o desenho em jpeg segue o seguinte passo: *Arquivo > exportar > jpeg.* Assim, obteremos a planta para a impressão conforme a figura 16.

Figura 43: Planta baixa residencial



Fonte: Autoria própria

Passo 2: Elaboração da base do protótipo.

Para criar a base do protótipo usamos duas capas duras de caderno coladas uma a outra, para uma maior rigidez, e posteriormente colamos uma folha A4 branca.

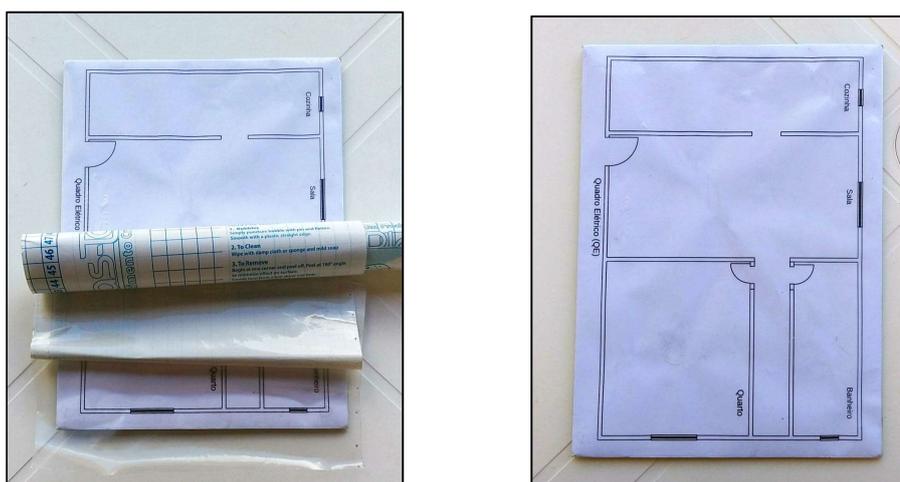
Figura 44: Capa dura extraída de caderno (esquerda). Colagem das capas e da folha em branco (direita).



Fonte: Autoria própria

Posteriormente, colamos a folha impressa da planta na base e forramos com papel contato.

Figura 45: Base sendo forrada com papel contato(esquerda). Base concluída (a direita).

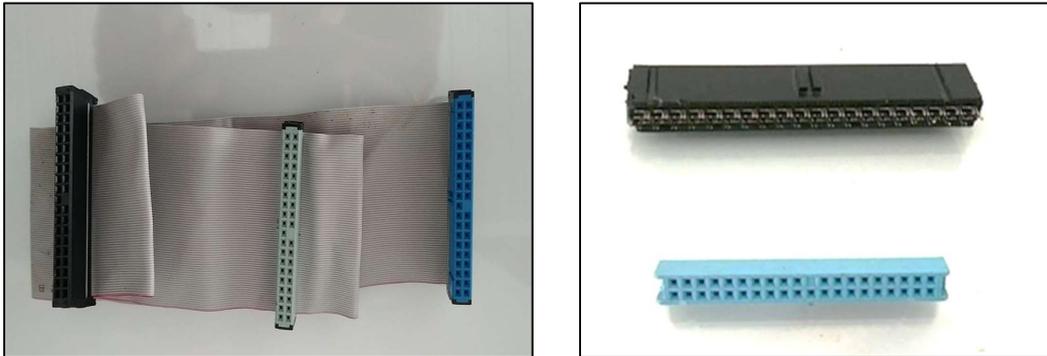


Fonte: Autoria própria

Passo 3: Elaboração do soquete da fonte (quadro elétrico).

Primeiramente é necessário extrair o conector *latch* fêmea do cabo IDE.

Figura 46: Cabo IDE (esquerda). Conector *latch* fêmea extraído (direita)



Fonte: Aatoria própria

Realizar a solda de todos os pinos em cada soquete. É necessário usar um filamento de cobre para realizar as soldas entre os pinos e construir o trilho. Recomendamos fazer a solda com o auxílio da *pasta para soldar*.

Figura 47: Soldas dos pinos



Fonte: Aatoria própria

Posteriormente, com uma cola instantânea, efetuar a colagem dos soquetes, de modo que fiquem nivelados na mesma altura.

Figura 48: Soquete do quadro elétrico concluído

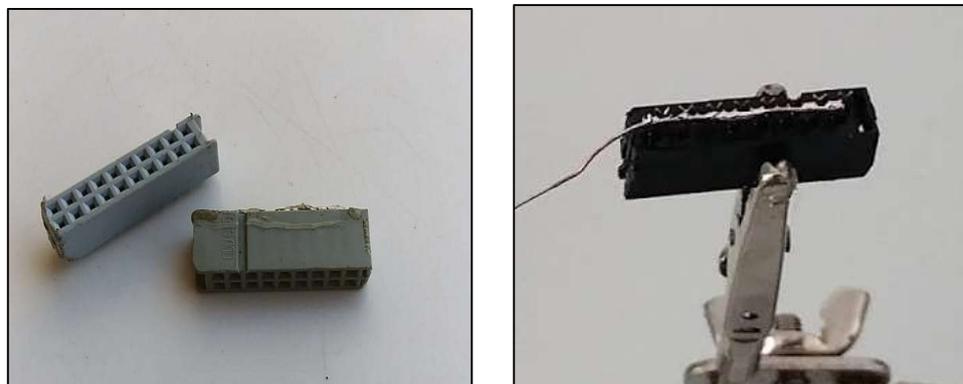


Fonte: Autoria própria

Passo 4: Elaboração do soquete das lâmpadas.

Corta o conector *latch* fêmea na metade e realizar as soldas dos pinos. Novamente faz-se necessário usar um filamento de cobre para realizar as soldas entre os pinos na elaboração do trilho.

Figura 49: Conector *latch* cortado à metade (esquerda). Solda dos pinos com filamento de cobre (direita).

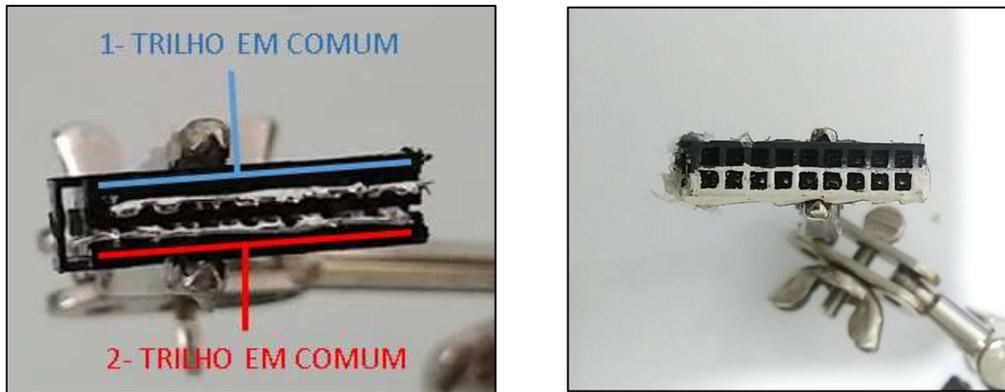


Fonte: Autoria própria

Após realizar a solda do trilho 1 e trilho 2, realizamos a pintura para identificar os trilhos, de modo que, fique visível os pontos em comum no soquete. Vale

ressaltar, que a pintura pode ser feita ao final da última etapa, depois que os soquetes estiverem fixados na base.

Figura 50: Solda dos pinos em trilhos (esquerda). Pintura do trilho (direita).

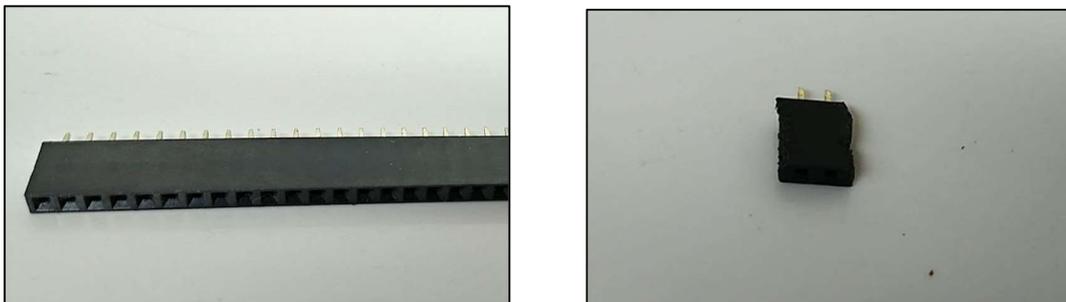


Fonte: Autoria própria

Passo 5: Elaboração do interruptor

Cortar o conector barra pino fêmea em pares de pino.

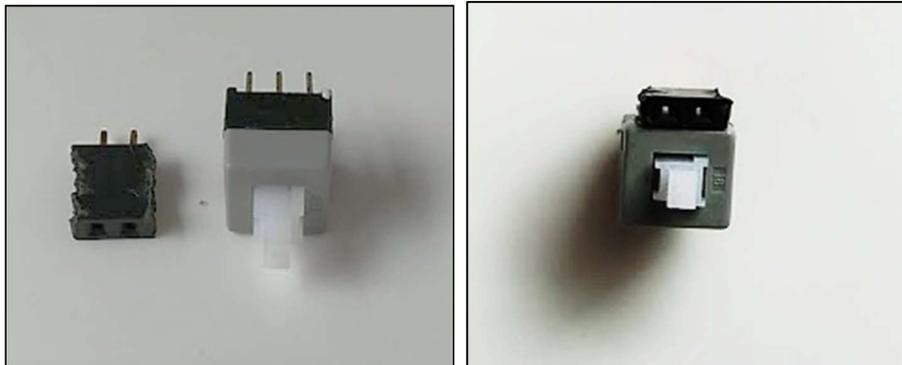
Figura 51: Conector barra pino fêmea 1x40,11,2mm -180 graus (esquerda). Par de barra pino fêmea (direita)



Fonte: Autoria própria

Usar cola instantânea para a colagem do par de barra a chave *push button*.

Figura 52: Chave *push button* e par de barra pino antes e após a colagem.



Fonte: Autoria própria

Com o auxílio do multímetro, medimos a continuidade, e identificamos os pinos 1 e 2 que representa os terminais da chave na posição aberta e fechada.

Na figura 53 temos a identificação dos três pinos. Os pinos 1 e 2 são os pinos que correspondem a posição correta da chave e os quais devem ser soldados com o auxílio do filamento de cobre.

Figura 53: Identificação dos pinos 1, 2 e 3 (esquerda). Ligação dos pinos 1 e 2 ao par de barra pino (direita)



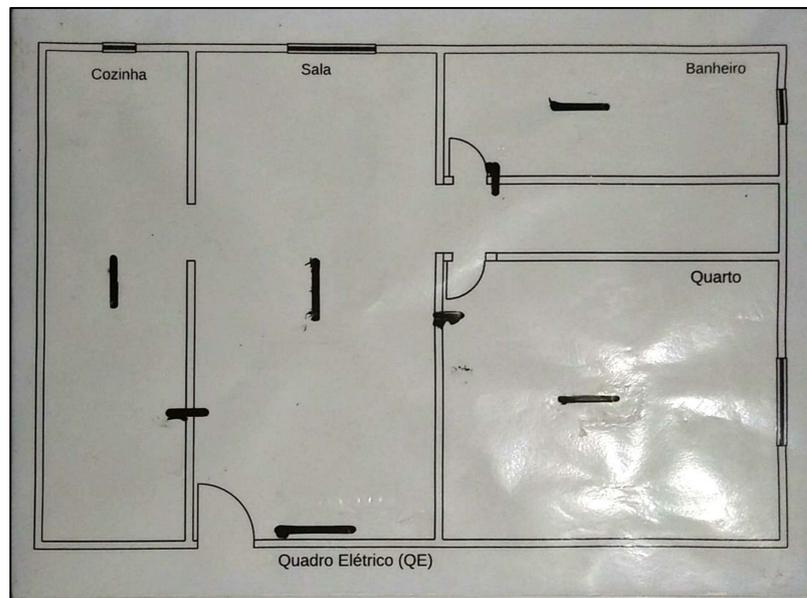
Fonte: Autoria própria

Passo 6: *Fixação dos componentes na base.*

Com uma pistola de cola quente, realizar a fixação do interruptor e dos soquetes da fonte e das lâmpadas na base.

Vamos primeiramente realizar a marcações na base e identificar os locais onde será fixado os componentes.

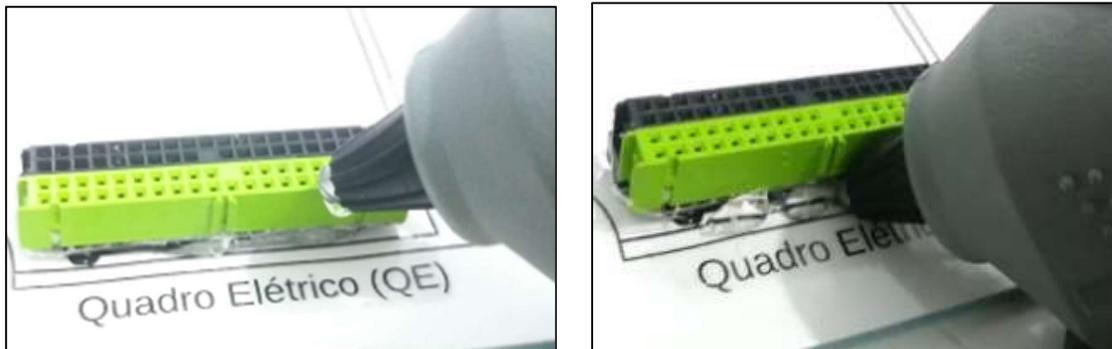
Figura 54: Marcações na base



Fonte: Autoria própria

Colocar uma pequena quantidade de cola quente e fixar o componente no local desejado e em seguida contorna o componente com cola quente.

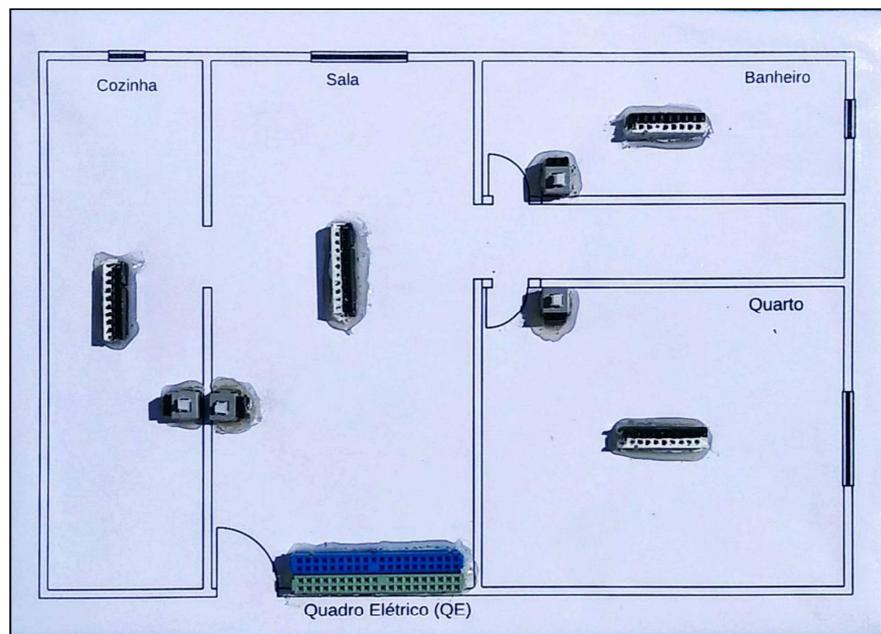
Figura 55: Fixar o componente no local desejado (esquerda). Contornar o componente com cola quente (direita).



Fonte: Autoria própria

Assim, após realizar a fixação de todos os componentes a montagem do protótipo estará concluída.

Figura 56: Protótipo concluído

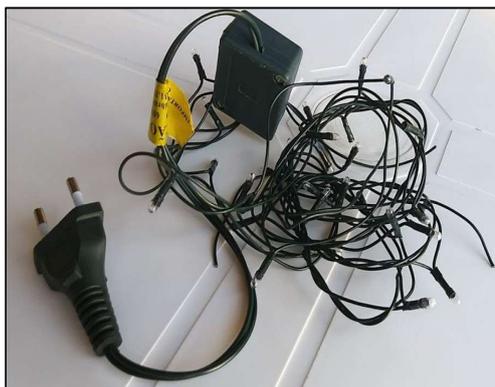


Fonte: Autoria própria

5.2 CONFEÇÃO DAS LÂMPADAS

As lâmpadas serão extraídas de pisca-pisca natalino.

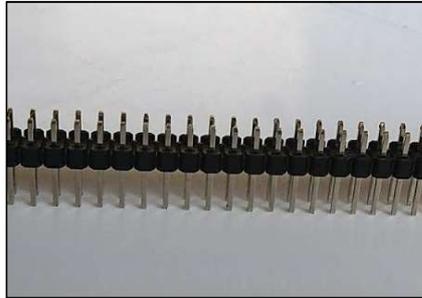
Figura 57: Pisca-pisca natalino (esquerda). Lâmpada extraída (direita)



Fonte: Autoria própria

Para o terminal da lâmpada vamos usar conector barra pino macho 2x40 - 180 graus.

Figura 58: Conector barra pino macho 2x40 - 180 graus.



Fonte: Autoria própria

Em seguida realizar a solda a lâmpada ao conector barra pino e posteriormente fazer o acabamento do terminal da lâmpada com cola quente.

Figura 59: Soldagem da lâmpada ao conector barra pino (esquerda). Lâmpada com acabamento de cola quente (direita).

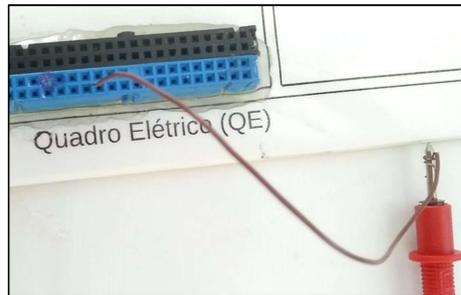


Fonte: Autoria própria

5.3 ADAPTAÇÃO DO CABO DO MULTÍMETRO

Para realizar as medições com o multímetro em protoboards, é comum a utilização de fios, na ponta de prova, para encaixar no orifício. Utilizamos esse artifício no protótipo, conforme figura 60, entretanto esse método acarretava falhas na medição devido ao mau contato.

Figura 60: Medição com o auxílio de um fio

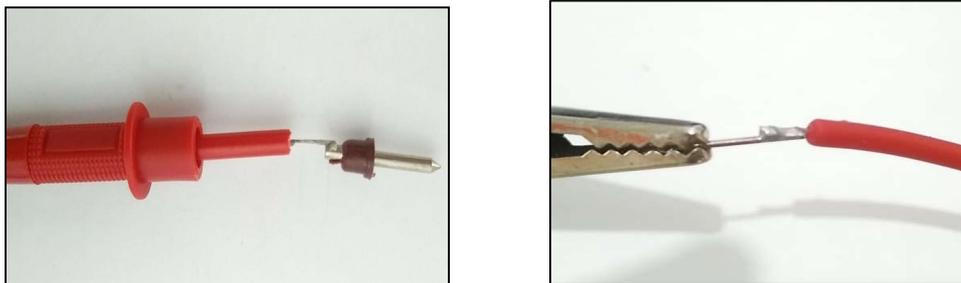


Fonte: Autoria própria

Assim, adaptamos o cabo do multímetro de modo que a ponta de prova consiga encaixar no orifício dos soquetes.

Primeiramente, com o auxílio do ferro de solda, vamos substituir a ponta de prova do por um pino do conector barra pino macho da figura 61.

Figura 61: Ponta de prova sendo substituída pelo pino.



Fonte: Autoria própria

Após a solda do pino, é necessário usar um isolante termo retrátil 2,5 milímetro para o acabamento.

Figura 62: Acabamento do plugue com isolante termo retrátil.

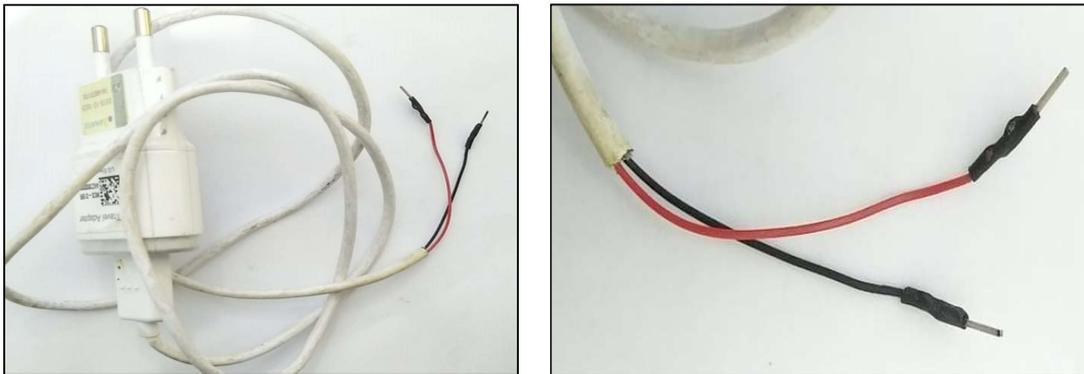


Fonte: Autoria própria

5.4 FONTE DE ALIMENTAÇÃO

A fonte de alimentação de 5 volts foi proveniente de carregador de celular. Portanto, é necessário substituir os conectores dos carregadores por pinos para o encaixe nos soquetes do protótipo. Nesta confecção, o método é o mesmo adotado para as pontas de provas, entretanto, o isolante termo retrátil a ser utilizado terá 1 milímetro.

Figura 63: Fonte de alimentação (esquerda). Pinos de alimentação (direita).



Fonte: Autoria própria

5.5 CABOS JUMPER

Os cabos *jumper* necessários para as ligações do circuito foram comprados na internet.

Nos protótipos foram usados os seguintes cabos: Cem cabos macho-macho de 20 cm e quatro cabos fêmea – fêmea de 10 cm.

Figura 64: Cabo fêmea - fêmea 10cm (esquerda). Cabo macho-macho 20 cm (direita).



Fonte: Autoria própria

6 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

PLANO DE AULA

Plano de Aula – Roteiro experimental 01
Instrumentos de medida, circuito simples e associação em série de lâmpadas
<ul style="list-style-type: none">• Turma: 3º Ano do Ensino Médio
TEMA
<ul style="list-style-type: none">• Eletricidade
OBJETIVO GERAL
Uso do multímetro, circuito simples e associação lâmpadas série
OBJETIVOS
<ul style="list-style-type: none">• Apresentação do multímetro para a função de voltímetro e amperímetro e suas escalas;• Roteiro experimental 01: Montagem no protótipo de um circuito simples com lâmpada e medição da tensão e corrente. E elaboração do cálculo da potência e resistência; montagem do circuito em série com lâmpadas e medição da tensão e corrente. E elaboração do cálculo das potências e resistência equivalente.
CONTEÚDO
<ul style="list-style-type: none">• Voltímetro e amperímetro;• Corrente elétrica;• Diferença de potencial;• Resistência equivalente;• Potência elétrica.
METODOLOGIA DE ENSINO
<ul style="list-style-type: none">• Atividade experimental em grupos
AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM
<ul style="list-style-type: none">• Participação ativa nos grupos colaborativos.• Respostas do roteiro experimental 01
RECURSOS NECESSÁRIOS
<ul style="list-style-type: none">• Protótipo;• Multímetro;• Roteiro experimental.• Lousa

Plano de Aula – Roteiro experimental 02 CIRCUITO COM ASSOCIAÇÃO DE LÂMPADAS EM PARALELO E MISTO.
<ul style="list-style-type: none"> • Turma: 3º Ano do Ensino Médio
TEMA
<ul style="list-style-type: none"> • Eletricidade
OBJETIVO GERAL
Uso do multímetro, circuito simples e associação lâmpadas série
OBJETIVOS
<ul style="list-style-type: none"> • Montagem no protótipo do circuito em paralelo com duas lâmpadas e medição e cálculo da corrente, tensão, resistência equivalente e potência elétrica. • Montagem no protótipo do circuito misto com quatro lâmpadas e medição e cálculo da corrente, tensão, resistência equivalente e potência elétrica. • Montagem no protótipo do circuito paralelo com quatro lâmpadas e interruptores com medição e cálculo da corrente, tensão, resistência equivalente e potência elétrica.
CONTEÚDO
<ul style="list-style-type: none"> • Voltímetro e amperímetro; • Corrente elétrica; • Diferença de potencial; • Resistência equivalente; • Potência elétrica.
METODOLOGIA DE ENSINO
<ul style="list-style-type: none"> • Atividade experimental em grupos
AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM
<ul style="list-style-type: none"> • Participação ativa nos grupos colaborativos. • Respostas do roteiro experimental
RECURSOS NECESSÁRIOS
<ul style="list-style-type: none"> • Protótipo; • Multímetro; • Roteiro experimental. • Lousa

ROTEIRO EXPERIMENTAL – PROFESSOR

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



SEQUÊNCIA DIDÁTICA UTILIZANDO PROTÓTIPO DE CIRCUITO ELÉTRICO DE ILUMINAÇÃO RESIDENCIAL PARA O ENSINO DE ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES

Aluno _____ N° _____

Data ___/___/___

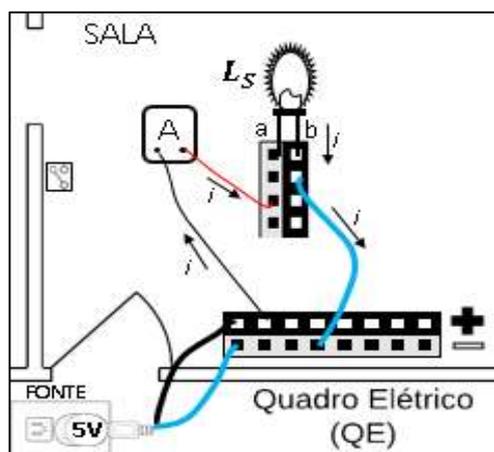
MANUAL DO PROFESSOR

Roteiro Experimental 01

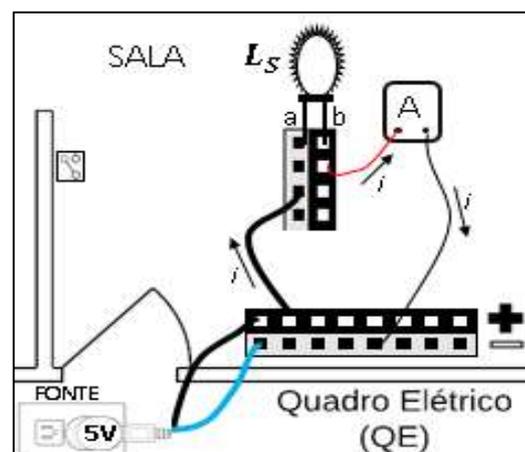
Ligação Simples

1. Vamos utilizar a área da sala para fazer ligações de um circuito simples. Faça a medição das correntes nos pontos *a* e *b* de uma lâmpada.

OBS: NÃO LIGUE A FONTE 5V A TOMADA, ATÉ A CONFERÊNCIA DAS LIGAÇÕES PELO PROFESSOR.



Ligação 1



Ligação 2

a) Faça a ligação 1 e com o auxílio do amperímetro anote a corrente que chega no *terminal a* da lâmpada.

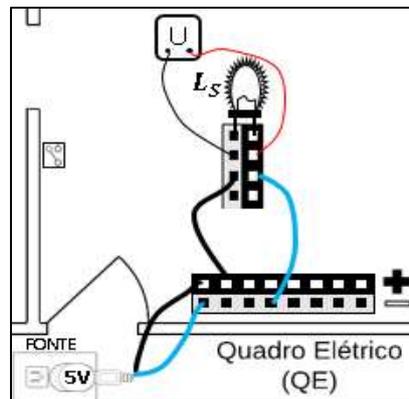
$$I = 0,1A \text{ (valor medido)}$$

b) Faça a ligação 2 e com o auxílio do amperímetro anote a corrente no *terminal b*.

$$I = 0,1A \text{ (valor medido)}$$

c) Compare as correntes no ponto *a* e *b*, houve alteração no valor da corrente elétrica ao percorrer a lâmpada?

Não houve alteração, pois, a corrente elétrica em toda a malha tem o mesmo valor.



Ligação 3

d) Vamos medir o valor da ddp, faça a ligação como na ligação 3 e com o auxílio do voltímetro anote a tensão (ddp) sobre a lâmpada L_S . Compare com a tensão (ddp) da fonte. O que podemos afirmar?

$$ddp_{L_S} = U_{L_S} = 5,15 \cong 5V \text{ (valor medido na lâmpada } L_S.)$$

$$ddp_F = U_F = 5,15 \cong 5V \text{ (Valor da fonte)}$$

A ddp da fonte está sendo aplicada na lâmpada L_S .

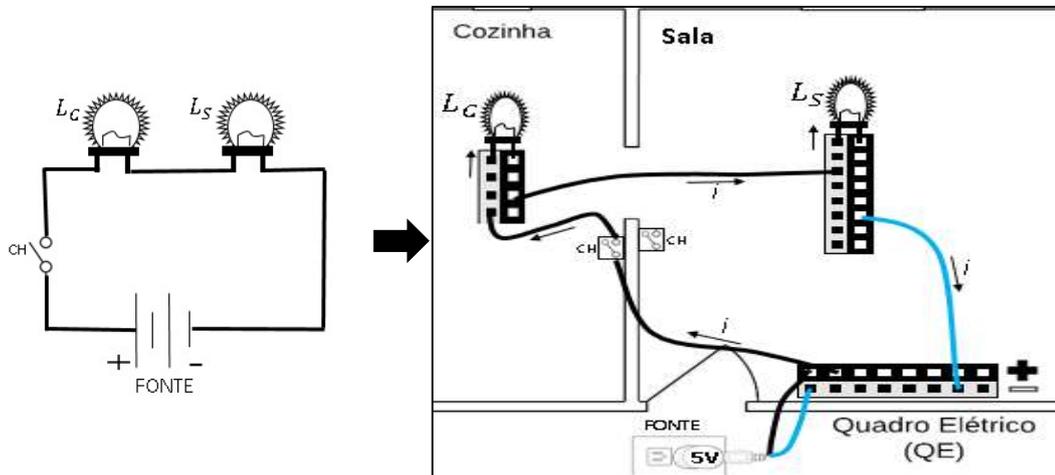
e) Calcule a potência total do circuito.

Usar a Lei de Ohm: $U=R \cdot I$ e $P=i \cdot U$

$$P_T = I \cdot U_F = 0,1 \cdot 5 = 0,5W$$

Ligação em série com chave

2. Na figura 4 tem duas lâmpadas ligadas em série a uma chave CH . Faça a ligação abaixo e responda



a) A chave está inicialmente aberta. Ao **fechar a chave CH** as lâmpadas vão acender? Compare o brilho entre as lâmpadas. A intensidade desse brilho é menor ou maior que da questão anterior? Explique.

Sim! As lâmpadas vão acender quando fecha a chave.

Em série a tensão nos extremos da associação é igual a soma das tensões em cada lâmpada. Como as duas lâmpadas são idênticas (com mesma potência e resistência) as duas lâmpadas possuíram o mesmo brilho. Porém o brilho dessas lâmpadas será menor que na L_S da questão anterior.

b) Faça a medição e anote a tensão (ddp) das lâmpadas L_S e L_C . E calcule a tensão total. Qual conclusão podemos ter?

Valores medidos.

$$ddp_{L_C} = U_{L_C} = 2,5V$$

$$ddp_{L_S} = U_{L_S} = 2,5V$$

$$ddp_f = U_f = U_{L_C} + U_{L_S} = 2,5 + 2,5 = 5V$$

A ligação 4 é uma malha fechada com duas lâmpadas associadas em série e a tensão da fonte é igual a soma das tensões nas lâmpadas associadas.

c) Em seguida compare a tensão das lâmpadas L_S e L_C na figura 4 com a tensão medida na lâmpada L_S no quesito 1. O que ocorreu?

Na ligação 3 a tensão da fonte foi aplicada somente na lâmpada L_S . Já na ligação 4 temos a lâmpada L_C em série com a lâmpada L_S . Como elas são idênticas, a tensão será dividida igualmente.

$$U_f = U_{L_C} + U_{L_S} = 2,5 + 2,5 = 5V$$

d) Faça a medição e anote a corrente do circuito.

$$I = 0,07A$$

e) Calcule a potência de cada lâmpada e a resistência equivalente?

Potência da lâmpada L_C :

$$P_{L_C} = U_{L_C} \cdot I = 2,5 \cdot 0,07 = 0,17W$$

Resistencia de L_C :

$$P_{L_C} = R_{L_C} \cdot I^2 \rightarrow R_{L_C} = \frac{P_{L_C}}{I^2} \rightarrow R_{L_C} = \frac{0,17}{0,0049} \rightarrow R_{L_C} = 36\Omega$$

$$\text{Ou } R_{L_C} = \frac{U_{L_C}}{i} \rightarrow = \frac{2,5}{0,07} = 35,7 \cong 36\Omega$$

Potência da Lâmpada L_S :

$$P_{L_S} = U_{L_S} \cdot I = 2,5 \cdot 0,07 = 0,17W$$

Resistencia de L_S :

$$P_{L_S} = R_{L_S} \cdot I^2 \rightarrow R_{L_S} = \frac{P_{L_S}}{I^2} \rightarrow R_{L_S} = \frac{0,17}{0,0049} \rightarrow R_{L_S} = 36\Omega$$

$$\text{Ou } R_{L_S} = \frac{U_{L_S}}{i} \rightarrow = \frac{2,5}{0,07} = 35,7 \cong 36\Omega$$

Resistência equivalente na associação em série: $R_{EQ} = R_{L_C} + R_{L_S} = 36 + 36 = 72\Omega$

f) Com a chave ligada, remova a lâmpada L_C do circuito. O que acontece com a lâmpada L_S ? Na sua concepção, porque isso ocorre?

Ao remover a lâmpada L_C a lâmpada L_S apaga. Isso acontece devido as lâmpadas estarem ligadas em série sendo percorridas pela mesma corrente elétrica. Assim quando remove a lâmpada L_C a corrente elétrica deixar de circular.

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



SEQUÊNCIA DIDÁTICA UTILIZANDO PROTÓTIPO DE CIRCUITO ELÉTRICO DE ILUMINAÇÃO RESIDENCIAL PARA O ENSINO DE ASSOCIAÇÃO DE RESITORES

Aluno _____ Nº _____

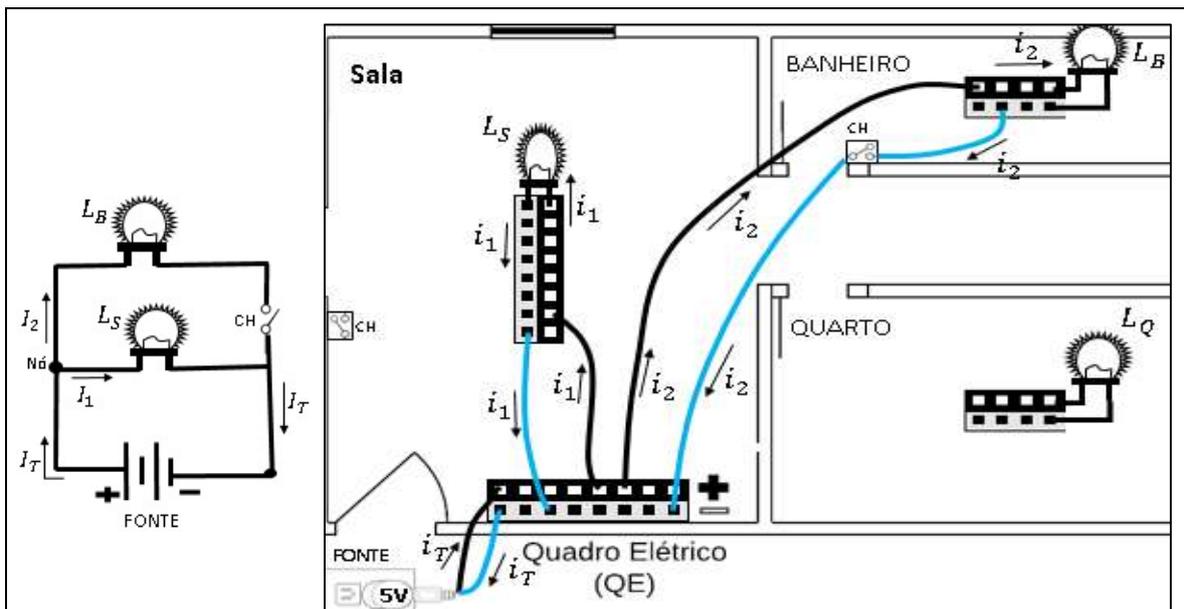
Data ___/___/___

MANUAL DO PROFESSOR

Roteiro Experimental 02

Associação em paralelo

1. Nas figuras abaixo há no circuito duas lâmpadas L_S e L_B em paralelo. A chave ch está inicialmente aberta. Faça a montagem como na figura e responda.



a) a) Com a Chave CH na posição aberta, quais lâmpadas ficam acessas?

Apenas a lâmpada L_S .

b) Com a chave ainda na posição aberta (desligada), com o auxílio do multímetro, faça a medição e anote a corrente elétrica total i_T , corrente elétrica i_1 que percorre as lâmpadas L_S e a corrente elétrica i_2 que percorre a lâmpada L_B . Faça também a medição da tensão nas lâmpadas.

Valores medidos: $i_T = 0,09 \cong 0,1A$ $i_1 = 0,09 \cong 0,1A$ $i_2 = 0$

$ddp_{L_S} = U_{L_S} = 5V$

$ddp_{L_B} = U_{L_B} = 0V$

c) Agora com a chave na **posição fechada**, o brilho na lâmpada L_S se altera? Descreva o que ocorre no circuito.

As duas lâmpadas ficam acessas com a mesma intensidade de brilho

d) Ainda com a chave fechada faça as medições e anote a ddps nas lâmpadas e as correntes i_T , i_1 e i_2 .

Valores medidos:

$$ddp_{L_S} = U_{L_S} = 5,15 \cong 5V$$

$$ddp_{L_B} = U_{L_B} = 5,15 \cong 5V$$

$$\text{Assim: } U_{FONTE} = U_{L_{SALA}} = U_{L_{BANHEIRO}} = 5V$$

$$i_1 = 0,1A \quad i_2 = 0,1A \quad i_T = 0,2A$$

e) Compare as correntes medidas com a chave aberta e fechada. Qual conclusão podemos tirar?

Em paralelo a tensão da fonte 5 V está sendo aplicada em cada lâmpada. Porém com a chave CH aberta não há passagem de corrente elétrica i_2 e a L_B apaga. a corrente total i_T será igual a corrente i_1 .

$$i_1 = 0,1A \quad i_2 = 0A \quad i_T = i_1 + i_2 = 0,1 + 0 = 0,1A$$

$$\text{Então } i_T = i_1$$

Com a chave fechada, as duas lâmpadas ficam associadas em paralelo, assim a tensão da fonte 5V é mesma nos terminais de cada lâmpada. Portanto a corrente total i_T será o somatório da corrente i_1 com i_2 (lei dos Nós).

$$i_T = i_1 + i_2 = 0,1A + 0,1A = 0,2A$$

f) Calcule potência em cada lâmpada e a potência total do circuito.

$$\text{Potência nas lâmpadas } L_S \text{ e } L_B: \quad P_{L_S} = U_F \cdot i_1 = U \cdot i_1 = 5 \cdot 0,1 = 0,5W$$

$$P_{L_B} = U_F \cdot i_2 = U \cdot i_2 = 5 \cdot 0,1 = 0,5$$

$$\text{Potência total do circuito: } P_T = U \cdot i_T = 5 \cdot 0,2 = 1W \text{ ou}$$

$$P_T = P_{L_S} + P_{L_B} = 0,5 + 0,5 = 1,0W$$

g) Calcule a resistência de cada lâmpada e a resistência equivalente.

$$\text{Lei de Ohm: } U = R \cdot I \rightarrow R_{L_S} = \frac{U}{i_1} \rightarrow R_{L_S} = \frac{5}{0,1} \rightarrow R_{L_S} = 50\Omega$$

$$R_{LB} = \frac{U}{i_2} \rightarrow R_{LB} = \frac{5}{0,1} \rightarrow R_{LB} = 50\Omega$$

$$\text{Resist\^encia equivalente: } \frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \dots \frac{1}{R_n}$$

$$\text{Ou para duas resist\^encias em paralelo: } R_{EQ} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

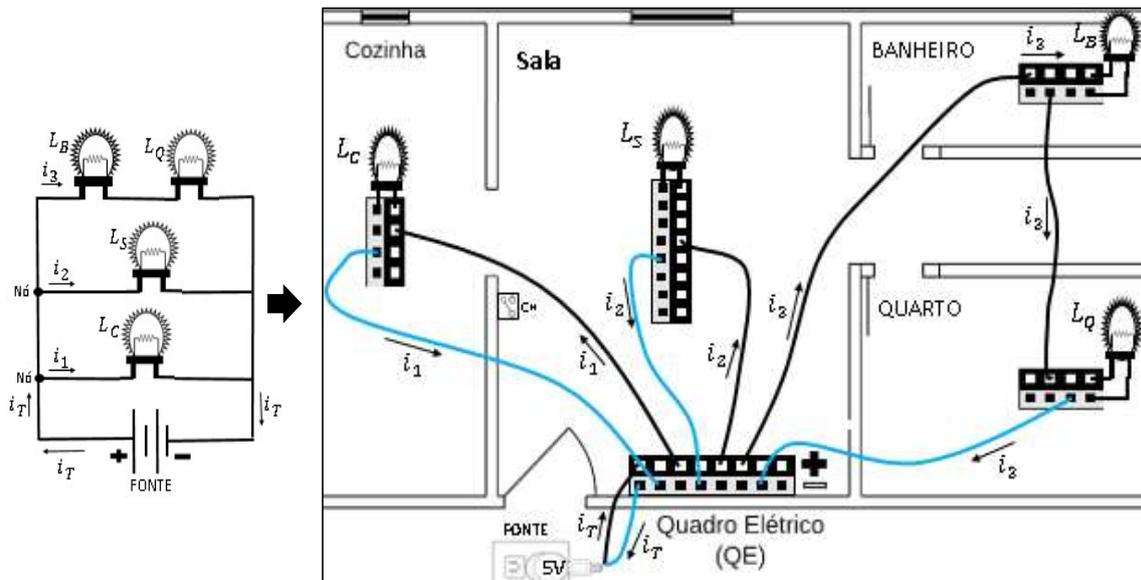
$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_{LS}} + \frac{1}{R_{LB}} = \frac{1}{50} + \frac{1}{50} = \frac{2}{50}$$

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{2}{50} \rightarrow R_{eq} = 25\Omega$$

$$\text{OU } R_{EQ} = \frac{R_{LS} \cdot R_{LB}}{R_{LS} + R_{LB}} = \frac{50 \cdot 50}{50 + 50} = \frac{2500}{100} = 25\Omega$$

Associação mista

2. Nas figuras abaixo há no circuito duas lâmpadas L_S e L_B em paralelo. A chave ch está inicialmente aberta. Faça a montagem como na figura e responda.



a) Compare o brilho das lâmpadas e descreva o que acontece.

No circuito temos os ramos que as correntes i_1 , i_2 e i_3 percorrem. As lâmpadas L_C e L_S tem brilho igual e com maior intensidade. Já as lâmpadas L_B e L_Q tem brilho igual e de menor intensidade.

b) Se retiramos a lâmpada L_S do circuito, o que acontece com o brilho da lâmpada L_C . Qual o tipo de associação entre L_C e L_S .

Ao retiramos as lâmpadas L_S a lâmpada L_C permanece ligada sem mudança no brilho pois elas estão em paralelo e não há alteração na corrente que atravessa a lâmpada L_C .

c) Se retiramos a lâmpada L_Q do circuito, o que acontece com brilho da lâmpada L_B . Qual o tipo da associação entre L_Q e L_B .

Ao retirar a lâmpada L_Q , ocorre a interrupção da passagem da corrente elétrica i_3 , assim devido a ela está associada em série a lâmpada L_B , está também apaga.

d) Faça a medição da tensão nas lâmpadas L_S , L_C , L_B e L_Q . Compare os valores medidos com a tensão da fonte, qual conclusão podemos tirar?

$$ddp_{L_S} = U_{L_S} = 5V$$

$$ddp_{L_B} = U_{L_B} = 2,5V$$

$$ddp_{L_C} = U_{L_C} = 5V$$

$$ddp_{L_Q} = U_{L_Q} = 2,5V$$

Na associação em paralelo a ddp é a mesma nos ramos de cada lâmpada.

A tensão medida nos extremos das lâmpadas L_B e L_Q , associadas em série, é o somatório da tensão individual delas. $U_{L_B} + U_{L_Q} = 2,5 + 2,5 = 5V$

e) Faça a medição da corrente i_1 , i_2 e i_3 e calcule a corrente total.

$$i_1 = 0,1$$

$$i_2 = 0,1;$$

$$i_3 = 0,07$$

$$\text{Corrente total } i_T = i_1 + i_2 + i_3 = 0,27A$$

f) Calcule a potência total elétrica.

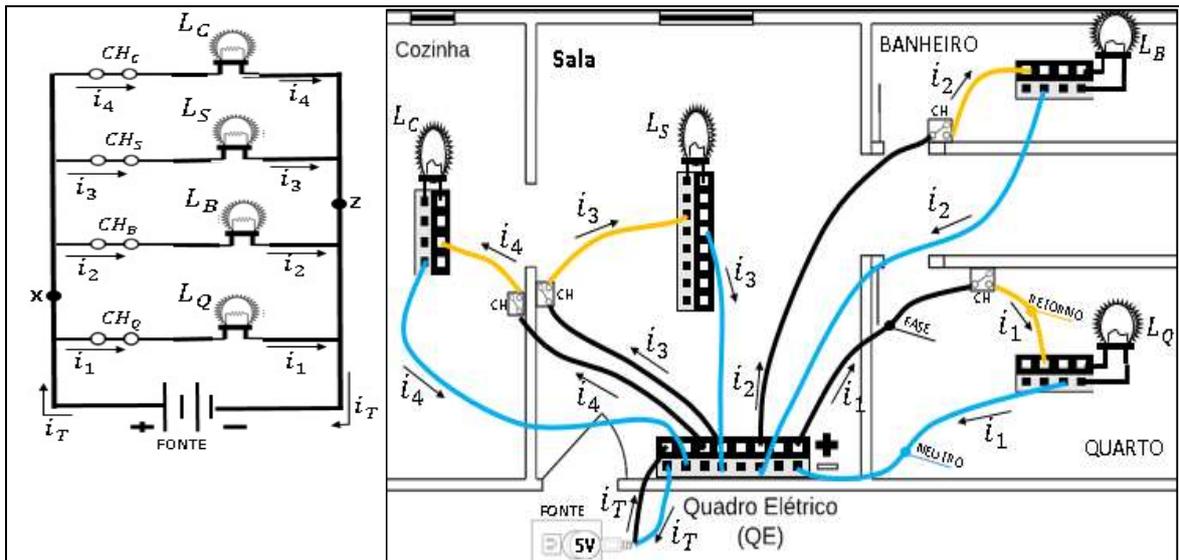
$$P_T = U_F \cdot i_T = 5 \cdot 0,27 = 1,350 W$$

Associação em paralelo (Ligação Residencial).

3. Vamos agora montar as ligações similares ao circuito de lâmpadas em uma residência. Cada ambiente da casa (cozinha, sala, banheiro e quarto) tem seu respectivo ponto de luz e interruptor. No Brasil a norma 5410 determina as cores dos cabos condutores de acordo com a função de cada condutor.

- Azul claro para condutores neutros.
- Vermelho, preto ou marrom para condutores de fase.
- Laranja para o condutor de retorno.

Na ligação do protótipo, no ambiente do quarto, tem a identificação desses cabos. Faça a montagem do circuito no protótipo e responda.



a) Com todas as lâmpadas ligadas, elas apresentam brilho igual ou diferente?

Todas as lâmpadas estão associadas em paralelo, com isso são submetidas a mesma tensão. E devido ao fato de serem semelhantes (mesma potência e resistência interna) elas possuem brilhos idênticos.

b) Se desligamos a lâmpada do banheiro, o que acontece com as demais lâmpadas?

As outras lâmpadas continuam com a mesma luminosidade, ou seja, não há alteração nas correntes que atravessam.

c) Com todas as lâmpadas ligadas, faça a medição da corrente total e das correntes que percorre cada lâmpada. Faça uma comparação de i_T com as demais correntes do circuito.

Valor medido

$$I_1 = 0,09A; I_2 = 0,09; I_3 = 0,09A; I_4 = 0,09A$$

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 \rightarrow I_T = 0,36$$

Na associação em paralelo a corrente se divide. Assim devido as lâmpadas serem semelhantes (com mesma potência e resistência) as correntes serão semelhantes.

E o seu somatório será a corrente total do circuito. $I_T = I_1 + I_2 + I_3 + I_4$

d) Faça a medição da tensão em cada lâmpada e compare com a tensão da fonte.

$$U_F = 5V; U_1 = 5V; U_2 = 5V; U_3 = 5V; U_4 = 5V$$

Na associação em paralelo a ddp é a mesma nos terminais das lâmpadas.

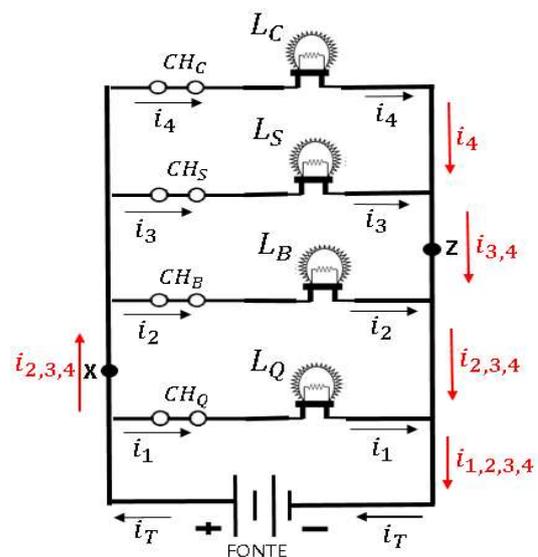
e) Calcule a potência total do circuito.

Potência Total do circuito

$$Pt = U_F \cdot I_T = 5 \cdot 0,36 = 1,8W$$

4. Observe a figura e **assinale** quais correntes percorrem os pontos X e Z respectivamente.

- a) (i_2, i_3, i_4) e (i_3, i_4) . **V**
- b) (i_1, i_2, i_3, i_4) e (i_2, i_3, i_4) .
- c) i_2 e i_3 .
- d) (i_2, i_3, i_4) e i_3 .
- e) i_2 e (i_3, i_4) .



ROTEIRO EXPERIMENTAL – ESTUDANTE

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



SEQUÊNCIA DIDÁTICA UTILIZANDO PROTÓTIPO DE CIRCUITO ELÉTRICO DE ILUMINAÇÃO RESIDENCIAL PARA O ENSINO DE ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES

Aluno _____ Nº _____

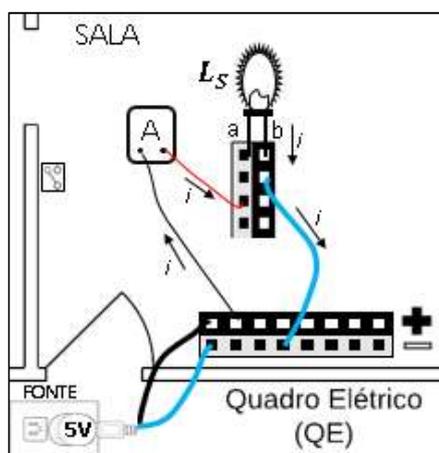
Data ___ / ___ / ___

Manual do Estudante
Roteiro Experimental 01

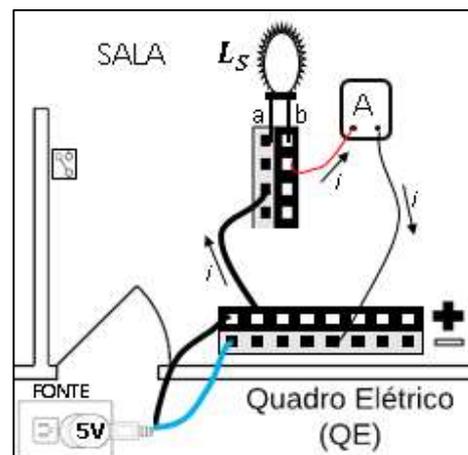
Ligação Simples

1. Vamos utilizar a área da sala para fazer ligações de um circuito simples. Faça a medição das correntes nos pontos *a* e *b* de uma lâmpada.

OBS: NÃO LIGUE A FONTE 5V A TOMADA, ATÉ A CONFERÊNCIA DAS LIGAÇÕES PELO PROFESSOR.

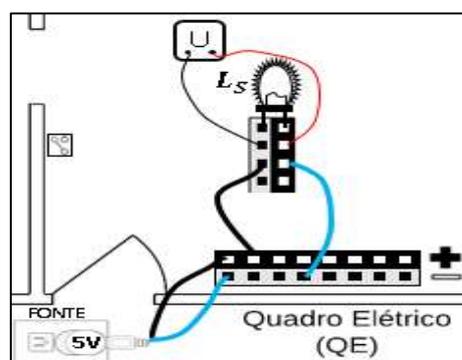


Ligação 1



Ligação 2

- Faça a ligação 1 e com o auxílio do amperímetro anote a corrente que chega no *terminal a* da lâmpada.
- Faça a ligação 2 e com o auxílio do amperímetro anote a corrente no *terminal b*.
- Compare as correntes no ponto *a* e *b*, houve alteração no valor da corrente elétrica ao percorrer a lâmpada?

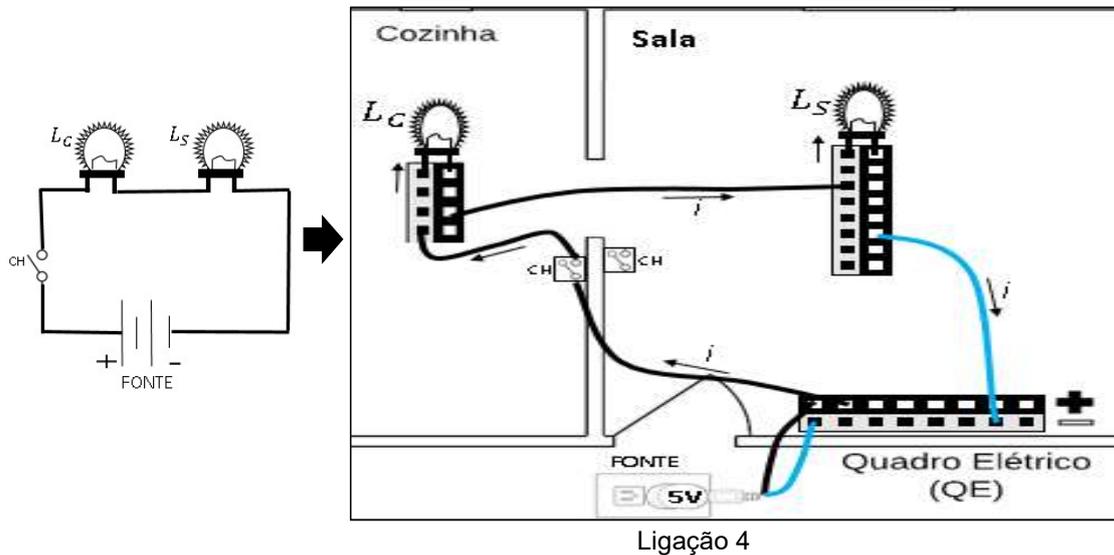


Ligação 3

- Vamos medir o valor da ddp, faça a ligação como na ligação 3 e com o auxílio do voltímetro anote a tensão (ddp) sobre a lâmpada L_S . Compare com a tensão (ddp) da fonte. O que podemos afirmar?
- Calcule a potência total do circuito.

Ligação em série com chave

2. Na ligação 4 tem duas lâmpadas ligadas em série a uma chave CH . Faça a ligação abaixo e responda



- A chave está inicialmente aberta. Ao **fechar a chave CH** as lâmpadas vão acender? Compare o brilho entre as lâmpadas. A intensidade desse brilho é menor ou maior que da questão anterior? Explique.
- Faça a medição e anote a tensão (ddp) das lâmpadas L_S e L_C . E calcule a tensão total. Qual conclusão podemos ter?
- Em seguida compare a tensão das lâmpadas L_S e L_C na figura 4 com a tensão medida na lâmpada L_S no quesito 1. O que ocorreu?
- Faça a medição e anote a corrente do circuito.
- Calcule a potência de cada lâmpada e a resistência equivalente?
- Com a chave ligada, remova a lâmpada L_C do circuito. O que acontece com a lâmpada L_S ? Na sua concepção, por que isso ocorre?

SEQUÊNCIA DIDÁTICA UTILIZANDO PROTÓTIPO DE CIRCUITO ELÉTRICO DE ILUMINAÇÃO RESIDENCIAL PARA O ENSINO DE ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES

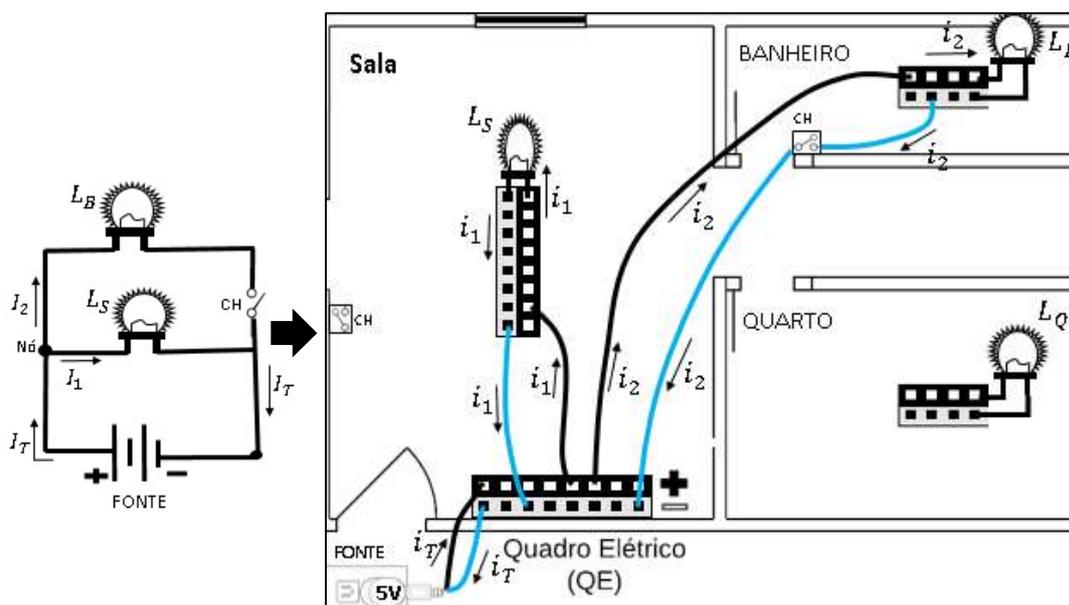
Aluno _____ N° _____

Data ___/___/___

Manual do Estudante
Roteiro Experimental 02

Associação em paralelo

1. Nas figuras abaixo há no circuito duas lâmpadas L_S e L_B em paralelo. A chave ch está inicialmente aberta. Faça a montagem como na figura e responda.

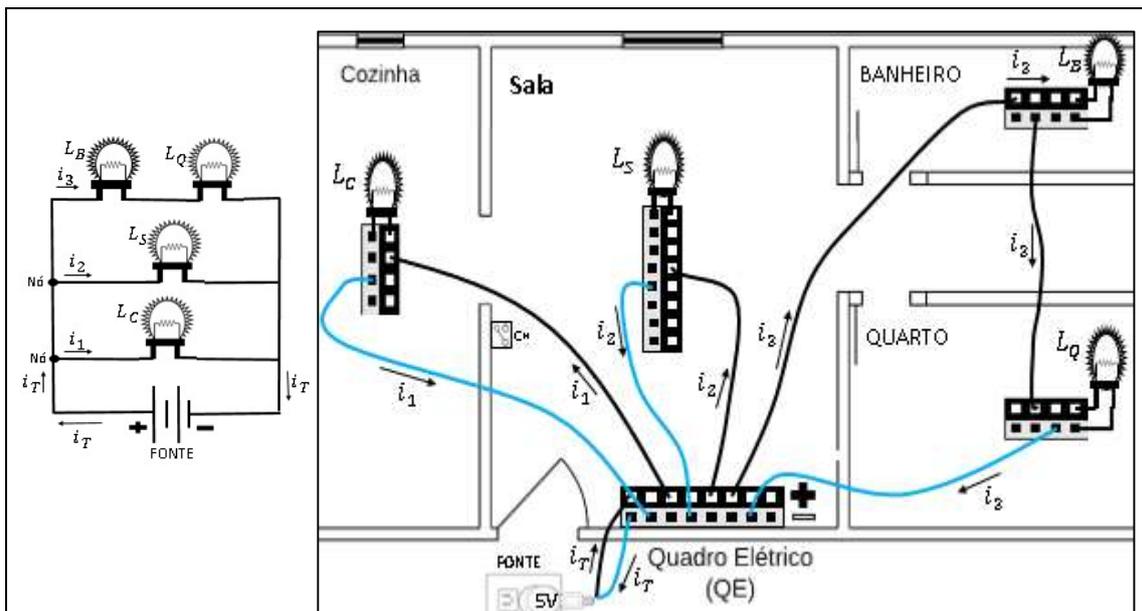


Circuito em paralelo

- a) Com a Chave CH na posição aberta, quais lâmpadas ficam acessas?
- b) Com a chave ainda na posição aberta (desligada), com o auxílio do multímetro, faça a medição e anote a corrente elétrica total i_T , corrente elétrica i_1 que percorre as lâmpadas L_S e a corrente elétrica i_2 que percorre a lâmpada L_B . Faça também a medição da tensão nas lâmpadas.
- c) Agora com a chave na **posição fechada**, o brilho na lâmpada L_S se altera? Descreva o que ocorre no circuito.
- d) Ainda com a chave fechada faça as medições e anote a ddps nas lâmpadas e as correntes i_T , i_1 e i_2 .
- e) Compare as correntes medidas com a chave aberta e fechada. Qual conclusão podemos tirar?
- f) Calcule potência em cada lâmpada e a potência total do circuito.
- g) Calcule a resistência de cada lâmpada e a resistência equivalente.

Associação mista

2. Nas figuras abaixo há no circuito duas lâmpadas L_S e L_B em paralelo. A chave ch está inicialmente aberta. Faça a montagem como na figura e responda.



- Compare o brilho das lâmpadas e descreva o que acontece.
- Se retiramos a lâmpada L_S do circuito, o que acontece com o brilho da lâmpada L_C . Qual o tipo de associação entre L_C e L_S .
- Se retiramos a lâmpada L_Q do circuito, o que acontece com o brilho da lâmpada L_B . Qual o tipo da associação entre L_Q e L_B .
- Faça a medição da tensão nas lâmpadas L_S , L_C , L_B e L_Q . Compare os valores medidos com a tensão da fonte, qual conclusão podemos tirar?
- Faça a medição da corrente i_1 , i_2 e i_3 e calcule a corrente total.
- Calcule a potência total elétrica.

Associação em paralelo (Ligação Residencial).

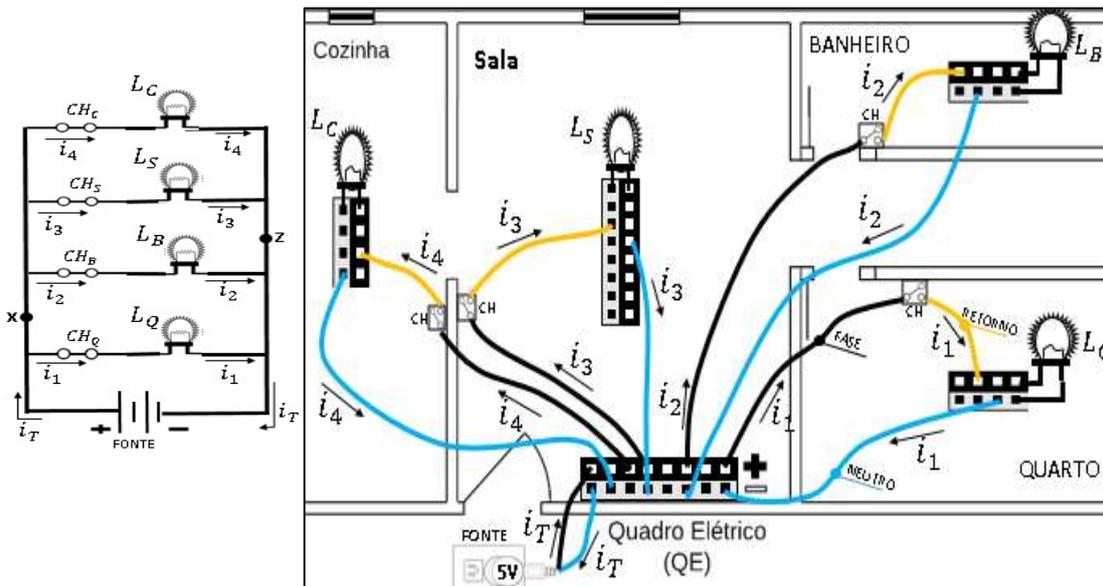
3. Vamos agora montar as ligações similares ao circuito de lâmpadas em uma residência. Cada ambiente da casa (cozinha, sala, banheiro e quarto) tem seu respectivo ponto de luz e interruptor. No Brasil a norma 5410 determina as cores dos cabos condutores de acordo com a função de cada condutor.

- Azul claro para condutores neutros.
- Vermelho, preto ou marrom para condutores de fase.

– Laranja para o condutor de retorno.

Na ligação do protótipo, no ambiente do quarto, tem a identificação desses cabos.

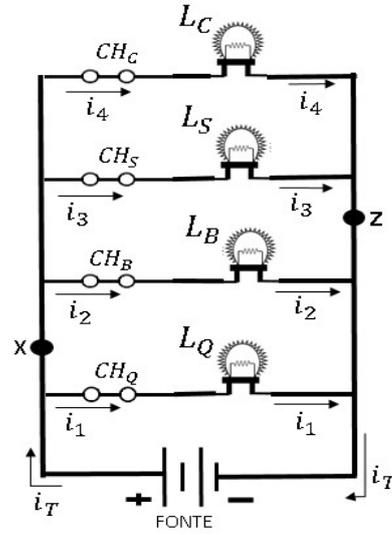
Faça a montagem do circuito no protótipo e responda.



- Com todas as lâmpadas ligadas, elas apresentam brilho igual ou diferente?
- Se desligamos a lâmpada do banheiro, o que acontece com as demais lâmpadas?
- Com todas as lâmpadas ligadas, faça a medição da corrente total e das correntes que percorre cada lâmpada. Faça uma comparação de i_T com as demais correntes do circuito.
- Faça a medição da tensão em cada lâmpada e compare com a tensão da fonte.
- Calcule a potência total do circuito.

4. Observe a figura e assinale quais correntes percorrem os pontos X e Z respectivamente.

- a) (i_2, i_3, i_4) e (i_3, i_4) .
- b) (i_1, i_2, i_3, i_4) e (i_2, i_3, i_4) .
- c) i_2 e i_3 .
- d) (i_2, i_3, i_4) e i_3 .
- e) i_2 e (i_3, i_4) .



7 CONCLUSÃO

A elaboração e aplicação do produto educacional conseguiu vincular o tema ao cotidiano do aluno, ao sugerir um protótipo de baixo custo com desenho de uma planta baixa residencial, de modo a simular ligações de lâmpadas no circuito elétrico monofásico residencial. A realização das atividades com a participação ativa do estudante, na execução do experimento por meio de uma sequência didática, possibilitou confrontar as concepções assinaladas previamente, propiciando mudanças nos conceitos acerca dos fenômenos elétricos. Desta forma, a cada encontro os estudantes aprofundam os conhecimentos e desenvolvem a curiosidade na observação do comportamento do brilho das lâmpadas em uma residência para cada tipo de associação, corroborando assim, para uma aprendizagem potencialmente significativa.

Os resultados do trabalho revelam que a sequência didática tem o potencial de contribuir de maneira fundamental para o trabalho do professor de física em sala de aula, auxiliando-o a encarar as dificuldades no processo de ensino e aprendizagem de circuito e associação elétrica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[Ausubel 2003] Ausubel, David P. Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva. Lisboa: Plátano, V. 1, 2003.

[Borges 2002] Borges, Antônio Tarciso. Novos rumos para o laboratório Escolar de Ciências. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 19, n. 3, p. 291-313, 2002.

[Brasil 2002] Brasil, Semtec. PCN+ ensino médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC, SEMTEC, 2002.

[Knight 2009] Knight, Randall D. Física 3: Uma Abordagem Estratégica. Bookman, 2009.

[Maker 2013] MAKER, Flow Chart. Online Diagram Software: Lucidchart. 2013. Disponível em: <https://www.lucidchart.com/pages/pt>. Acesso em: 25 jan. 2020

[Moreira 1999] Moreira, Marco Antônio. Teorias de aprendizagem. São Paulo: Editora pedagógica e universitária, 1999.

[Munari 2010] Munari, Alberto. Jean Piaget. Fundação Joaquim Nabuco, 2010.

[Novak *at al.* 2000] Novak, Joseph D.; Rabaça, Ana; Valadares, Jorge. Aprender criar e utilizar o conhecimento: Mapas conceituais TM como ferramentas de facilitação nas escolas e empresas. 2000.

[Sokoloff; Thornton 1997] Sokoloff, David R.; THORNTON, Ronald K. Using interactive lecture demonstrations to create an active learning environment. The Physics Teacher, v. 35, n. 6, p. 340-347, 1997.