



Demonstrações investigativas sobre circuitos elétricos

.....

Gláucia G.G. Costa*

Instituto de Física de São Carlos,
Universidade de São Paulo, São Carlos,
SP, Brasil

Jéssica F.M. dos Santos

Instituto de Física de São Carlos,
Universidade de São Paulo, São Carlos,
SP, Brasil

Priscila F. Guidini

Instituto de Física de São Carlos,
Universidade de São Paulo, São Carlos,
SP, Brasil

Tomaz Catunda

Instituto de Física de São Carlos,
Universidade de São Paulo, São Carlos,
SP, Brasil

RESUMO

Neste artigo propomos uma sequência didática de circuitos elétricos, utilizando-se da estratégia de demonstrações experimentais investigativas. Para tanto, desenvolvemos um quadro de eletricidade e roteiros de demonstrações experimentais que consistem em um conjunto de atividades práticas com questões que valorizam as ideias dos estudantes e que procuram levar à comparação entre a crença desses estudantes e a realidade física observada.

Palavras-chave: circuitos elétricos; eletricidade; demonstrações investigativas; estratégia POE

.....

1. Introdução

A maioria dos professores considera a demonstração experimental uma importante ferramenta do ensino de física, podendo captar e reter a atenção dos estudantes. A abordagem tradicional preocupava-se em ilustrar o fenômeno físico, o que é importante para torná-lo menos abstrato e mais interessante. Entretanto, inúmeras pesquisas revelam que geralmente as demonstrações não têm o efeito desejado na aprendizagem [1, 2]. Por exemplo, muitas vezes os alunos se distraem com outros aspectos da demonstração, mas não se atentam ao fenômeno principal. Outras vezes, embora os estudantes observem corretamente a demonstração, ela não provoca a mudança conceitual desejada, ou seja, não consegue confrontar as crenças ou concepções espontâneas dos estudantes. Dessa forma, a estratégia tradicional, denominada “demonstração fechada” [1, 3, 4], restringe-se a simples ilustração, ou seja, uma atividade centrada no professor que não permite ou propicia a participação ativa dos estudantes. Por outro lado, as denominadas “demonstrações abertas” visam ao desenvolvimento conceitual através do questionamento por parte dos estudantes, os quais devem procurar explicações qualitativas à situação real apresentada, sem se restringir à mera aplicação de fórmulas ou receitas.

Vários estudos demonstram que as estratégias de aprendizagem investigativa são muito eficientes para o aumento da compreensão dos estudantes sobre os conceitos básicos da física [1-6].

Por exemplo, Crouch e cols. [2] concluíram que estudantes que assistem passivamente a uma demonstração não têm uma aprendizagem melhor que os estudantes que não tiveram a demonstração. Entretanto, com estratégias investigativas, os alunos são impulsionados a construir seus conhecimentos conceituais por meio da observação direta do mundo físico. Dentre as estratégias possíveis, temos as demonstrações experimentais investigativas (doravante chamadas apenas de DI), que são alternativas para complementar as aulas

Vários estudos demonstram que as estratégias de aprendizagem investigativa são muito eficientes para o aumento da compreensão dos estudantes sobre os conceitos básicos da física

expositivas tradicionais, bem como são planejadas para serem utilizadas na mesma estrutura física das salas de aula comuns.

Acerca dessas considerações, Sokoloff e Thornton

[6] propuseram a utilização das DI segundo a sequência de aprendizagem PODS (Previsão individual da situação problema colocada, seguida de discussão em pequenos grupos; Observação da demonstração experimental; Discussão em pequenos grupos, comparando a previsão com a observação realizada; e Síntese da situação física estudada). Assim, os alunos são levados a confrontar suas crenças e ideias com a realidade física e acreditamos que, por meio desse eventual choque entre a crença e a realidade, o conceito físico é mais bem apreendido. Esse ciclo também é conhecido como POE, com E de Explicação [3, 4]. As pesquisas demonstram que a adoção desse tipo de estratégia aumenta efetivamente a aprendizagem [5, 7]. Nesse processo de aprendizagem, o professor ganha um papel fundamental para que os alunos cheguem às conclusões corretas e a partir dessas con-

*Autor de correspondência: Gláucia G.G. Costa, gggcosta@ifsc.usp.br.

clusões, criadas por eles mesmos, o conceito físico torne-se mais bem assimilado.

Neste trabalho, apresentamos roteiros de DI sobre circuitos elétricos, tais como circuitos elétricos simples (associados em série, paralelo e misto), resistências, diferenças de potencial e circuitos com elementos diferentes. Apresentamos também considerações experimentais sobre o quadro elétrico que desenvolvemos para as demonstrações, assim como sugestões de componentes.

2. Aparato experimental: o quadro de eletricidade

Existem várias possibilidades de demonstrações de eletricidade [8-14]. Optamos por usar lâmpadas e assim construímos um quadro de madeira (Fig. 1) com bornes, alimentado com uma fonte de tensão constante ($V = 12\text{ V}$). A linha vermelha na parte superior do quadro de eletricidade representa a tensão de $+12\text{ V}$ e a preta, na parte inferior, 0 V (terra); somente nessas linhas os bornes estão ligados entre si. Há uma chave que permite optar por tensão variável ($0-12\text{ V}$), com ajuste contínuo da tensão através de um potenciômetro. O Anexo 3 contém detalhes sobre os componentes utilizados. A Ref. [9] mostra outro tipo de montagem de um quadro de demonstrações de circuitos.

Nas demonstrações qualitativas, o brilho da lâmpada é um indicador da magnitude da corrente e escolhemos os componentes para maximizar a visibilidade do efeito desejado. Os experimentos, em sua maioria, são realizados com lâmpadas (lâmpada 5 mm com rabicho) cuja potência é $0,36\text{ W}$ (6 V). Embora fabricadas para tensão de 6 V , elas suportam também a tensão de 12 V . Dessa maneira, pode-se perceber um brilho muito intenso usando $V = 12\text{ V}$ em uma lâmpada e a diminuição desse brilho no caso de 2 lâmpadas em série, 3 lâmpadas etc. Com até ~ 8 lâmpadas o brilho ainda é perceptível. Em um ambiente iluminado (normal de sala de aula), estimamos que o limiar de percepção do brilho da lâmpada seja $\sim 50\text{ mW}$ (a potência luminosa visível é da ordem de alguns microwatts).

Nas demonstrações comentadas neste artigo supõe-se que a fonte de tensão seja ideal, ou seja, forneça uma tensão aproximadamente constante independentemente da corrente fornecida. Em princípio, uma fonte ideal mantém a mesma diferença de potencial que não varia com o número de lâmpadas ligadas em paralelo. Na prática, todas

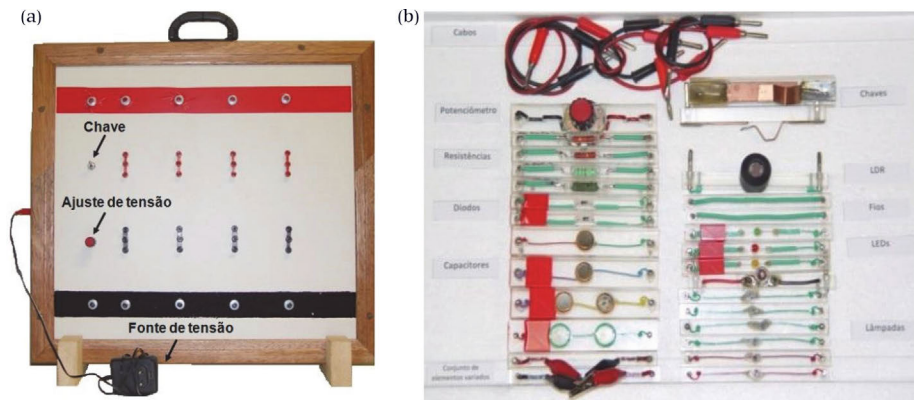


Figura 1 - (a) foto da composição do quadro de eletricidade. A linha vermelha indica os pontos ligados ao terminal positivo da fonte e a preta, o terminal negativo ou terra; (b) foto dos elementos de circuitos que fazem parte do quadro de eletricidade.

se comportam aproximadamente como ideal, para correntes abaixo de um determinado valor. Por exemplo, como será visto no experimento sobre circuitos em paralelo (Fig. 3), o brilho da lâmpada deve ser o mesmo independentemente do número de lâmpadas ligadas em paralelo. Isso não ocorrerá se as lâmpadas tiverem alta potência.

Deve-se considerar que na realidade as lâmpadas não são exatamente idênticas, ou seja, usando um ohmímetro verificamos um desvio-padrão no valor da sua resistência $\Delta \sim 10\%$. Supondo que a potência luminosa observada seja proporcional à potência elétrica dissipada ($P = R \cdot i^2 = V^2/R$), estimamos que ocorram variações de brilho $\sim \Delta$, na comparação do brilho de duas lâmpadas tanto no circuito em série como no em paralelo. Entretanto, verificamos experimentalmente que não conseguimos distinguir variações de brilho menores que $\sim 10\%$, ou seja, para observações visuais (qualitativas), variações de resistência das lâmpadas em até $\sim 10\%$ são toleráveis.

3. Roteiros de demonstrações experimentais investigativas (DI)

As demonstrações experimentais a

serem realizadas são simples e versam sobre circuitos elétricos, abordando os seguintes conteúdos: modelo de circuito elétrico, circuitos simples (série, paralelo e misto), diferença de potencial e resistência equivalente. Esses temas foram escolhidos visando auxiliar a esclarecer algumas das principais concepções alternativas dos alunos para compreender esse tópico.

Para a realização das DI, sugerimos que as questões, a princípio, sejam colocadas para os alunos com os circuitos montados no quadro (Fig. 1), porém desligados. Assim, os mesmos são levados a pensar nas respostas e após as observações eles podem consolidar os conceitos físicos envolvidos em cada experimento.

3.1. Modelo de circuito elétrico

A primeira demonstração visa ilustrar que um circuito só funciona se estiver devidamente fechado. Para isso, o professor pode solicitar aos estudantes que desenhem diferentes formas de acender uma lâmpada incandescente comum [15] utilizando apenas uma lâmpada de lanterna (incandescente), um fio e uma bateria.

A partir da demonstração (Fig. 2a) e

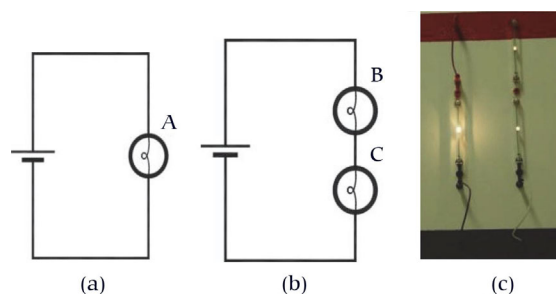


Figura 2 - (a) esquema do circuito com uma lâmpada; (b) esquema do circuito com duas lâmpadas em série; (c) foto mostrando que duas lâmpadas em série têm brilho menor que uma única lâmpada.

discussão de que a mesma só acende se os terminais de todos os elementos estiverem corretamente conectados (lâmpada, fios, bateria), os alunos aprendem o conceito de circuito fechado, o que nos possibilita elaborar o *modelo de circuito elétrico*.

Modelo de circuito elétrico: em um circuito fechado existe um fluxo que sai de um terminal da bateria, percorre todo o resto do circuito e retorna ao outro terminal da bateria e através dela. Esse fluxo será denominado corrente elétrica. Além disso, vamos considerar que quando o circuito estiver ligado, o *brilho das lâmpadas pode ser usado como um indicador qualitativo do valor da corrente* que atravessa o circuito: quanto maior o brilho da lâmpada, maior é a corrente [11].

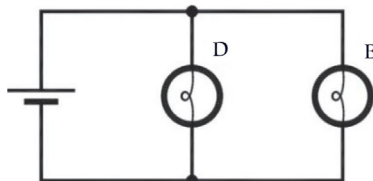
Nessa DI, é interessante colocar para os alunos que as lâmpadas funcionam como uma resistência (uma dificuldade) à passagem do fluxo de corrente elétrica. Com esse conceito formalizado, pode-se realizar as DI de circuitos simples: série, paralelo e misto.

3.2. Circuito série

A ligação em série configura uma oportunidade dos alunos se acostumarem e utilizarem efetivamente o modelo que foi elaborado. Assim, sugerimos que o professor monte o circuito com duas lâmpadas em série, sem ligar a fonte (Fig. 2b). Em seguida, propomos que ele peça previsões sobre o que ocorrerá na demonstração:

Qual a sua opinião? Quando a fonte for ligada na Fig. 2b, preveja como a luminosidade (brilho) das lâmpadas B e C se compararão.

Após as previsões dos grupos, o professor realiza a demonstração inicialmente com 2 lâmpadas, e se quiser pode colocar 3 lâmpadas em série. Em princípio, sugerimos que seja adotado o mesmo procedimento (descrito no Anexo 1: Etapas de uma demonstração investigativa) para todas as questões.



(a)



(b)

Figura 3 - (a) esquema do circuito com duas lâmpadas em paralelo; (b) foto mos-

Obviamente, pode-se fazer as adaptações conforme o tempo disponível e as necessidades da classe.

Nesse experimento o professor deve estar atento a duas dificuldades básicas que sempre surgem (conforme descrito no Anexo 2: Principais concepções alternativas sobre circuitos elétricos). Uma delas é entender o que acontece com a corrente que flui no circuito. Muitos alunos não conseguem compreender que a corrente através dos elementos permanece a mesma, ao longo de todo o circuito em série, pois há uma forte crença (concepção alternativa) de que o fluxo é consumido ou se divide pelos elementos. A outra dificuldade está relacionada à fonte de tensão, ou seja, a falta de percepção de que a corrente fornecida por essa fonte não é sempre a mesma, mas depende do circuito. Muitos alunos, mesmo depois de observarem o funcionamento de um circuito em série, continuam acreditando que a corrente fornecida pela fonte é a mesma nos dois circuitos da Fig. 2. A fim de tentar sanar essas dificuldades, propomos que sejam realizadas as perguntas a seguir.

Agora responda:

- Com base apenas em suas observações, é possível dizer a direção do fluxo através do circuito?
- Compare o brilho da lâmpada B (Fig. 2b) com o brilho da lâmpada A (Fig. 2a).
- A partir da resposta do item anterior, compare a corrente fornecida pela fonte de tensão (ou através da fonte) nos circuitos da Fig. 2a e da Fig. 2b.

3.3. Circuito paralelo

O procedimento pode ser totalmente análogo ao do circuito em série. Sugerimos para tal experimento a seguinte questão:

Qual(is) a(s) sua(s) opinião(ões)? Quando o circuito for ligado, como será o brilho das lâmpadas D e E da Fig. 3a? Compare os brilhos de D e E (Fig. 3a) com

os de B e C (Fig. 2b) e com o de A (Fig. 2a).

Após a realização dessa DI propomos que sejam realizadas as seguintes perguntas aos alunos, referentes à interpretação das observações:

Agora responda:

- Com base apenas em suas observações, é possível dizer a direção do fluxo através do circuito?
- Compare o brilho da lâmpada D (Fig. 3a) com o brilho da lâmpada A (Fig. 2a). Agora compare o brilho da lâmpada D (Fig. 3a) com o brilho da lâmpada B (Fig. 2b).
- A partir da resposta do item anterior, compare a corrente fornecida pela fonte de tensão (ou através da fonte) nos circuitos da Fig. 2a e da Fig. 3a. Agora compare a corrente na fonte (ou através da fonte) nos circuitos das Figs. 2b e 3a.

No circuito em paralelo (Fig. 3), a maior dificuldade dos alunos é perceber que a fonte tem de fornecer uma corrente duas vezes maior que a corrente para cada lâmpada, ou seja, duas vezes maior que a fornecida no circuito da Fig. 2a.

Convém ressaltar que nos circuitos em série e paralelo (Figs. 2 e 3) propomos a comparação das luminosidades das lâmpadas, as quais podem ser um pouco diferentes devido a diferenças entre lâmpadas supostamente idênticas. A lâmpada com maior resistência apresenta um brilho maior no circuito em série (Fig. 2b) e menor no circuito em paralelo (Fig. 3). Tal como já mencionado, normalmente essas diferenças são imperceptíveis, mas o professor deve estar atento a esse detalhe.

3.4. Circuito misto

Nesse experimento, diferentemente dos anteriores, são apresentados em um mesmo circuito os dois tipos de ligações (série e paralelo), com o intuito de que o aluno seja capaz de reconhecê-las. Nessa DI, o professor deve montar o circuito da Fig. 4 e colocar a seguinte pergunta:

Qual(is) a(s) sua(s) opinião(ões)? Quando a chave estiver aberta, como será o brilho das lâmpadas A, B e C da Fig. 4? O brilho das lâmpadas A, B e C (Fig. 4) muda quando a chave é fechada? Em caso afirmativo, como?

Nesse circuito (Fig. 4), a maior parte dos alunos prevê erroneamente que o brilho da lâmpada A não se altera com o fechamento da chave.

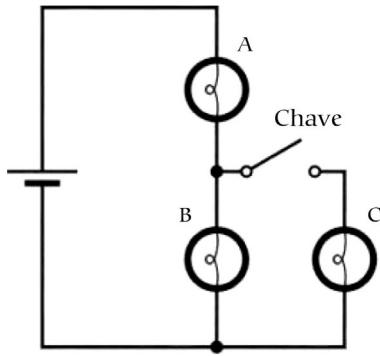


Figura 4 - Circuito misto, com três lâmpadas e uma chave.

3.5. Curto-circuito

Agora, com os conceitos de ligações em série e em paralelo assimilados, podemos focar em outro conceito de difícil compreensão pelos alunos. Temos observado que muitos alunos têm dificuldades com o conceito de curto-circuito, por isso propomos as perguntas e o experimento a seguir:

Qual(is) a(s) sua(s) opinião(ões)? Quando a chave é fechada entre os pontos 1 e 2, o brilho das lâmpadas A, B e C da Fig. 5 muda? Como? E agora como serão os brilhos dessas três lâmpadas quando a chave for colocada entre os pontos 2 e 3 da Fig. 5?

Sugerimos ainda, para que seja bem apreendido o conceito de curto-circuito, a realização de mais um experimento, em que o professor pode conectar três lâmpadas em um circuito misto (como o da Fig. 6), e para tal sugerimos a seguinte pergunta:

Qual(is) a(s) sua(s) opinião(ões)? Quando um fio for conectado entre os pontos 2 e 3, como será o brilho das lâmpadas A, B e C da Fig. 6? E agora como serão os brilhos dessas 3 lâmpadas quando o fio for colocado entre os pontos 1 e 2 da Fig. 6?

É claro que podem ser feitas muitas variações interessantes de experimentos com lâmpadas e resistências. A seguir propomos duas dessas demonstrações.

3.6. Comparando resistências

Nesse momento, no intuito de se comparar resistências, propomos que o professor monte simultaneamente dois circuitos, cada qual com uma resistência diferente (Fig. 7). Por exemplo, $R_x = 47 \Omega$ e $R_y = 100 \Omega$. Sugerimos então a seguinte questão:

Qual(is) a(s) sua(s) opinião(ões)? Compare, com base em suas observações, as resistências dos elementos X e Y da

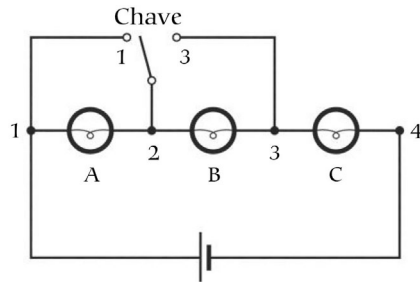


Figura 5 - Circuito com três lâmpadas e uma chave (que na prática pode ser substituída por um fio) que pode ser ligada entre os pontos 1 e 2 e entre os pontos 2 e 3.

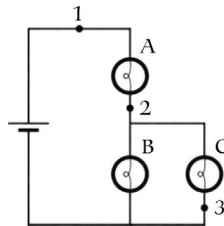


Figura 6 - Circuito misto.

Fig. 7. Agora compare, para cada circuito, a corrente na lâmpada com a corrente no elemento desconhecido. Compare também, em cada circuito, a corrente na lâmpada com a corrente na bateria. Finalmente, qual circuito apresenta a maior resistência?

Desse modo, os estudantes podem perceber que diferentes resistências afetam de formas diferentes os brilhos das lâmpadas. Assim, para que seja melhor observado tal conceito, propomos a realização do próximo experimento.

3.7. Potenciômetro

No experimento da Fig. 8, propomos que o professor utilize um potenciômetro para variar a resistência do circuito a fim de demonstrar como o brilho pode ser continuamente variado. Nesse estudo, sugerimos que se monte um circuito composto por duas lâmpadas idênticas, um resistor e um potenciômetro (P_{13}). Para tal, propomos a seguinte pergunta:

Qual(is) a(s) sua(s) opinião(ões)? Compare o brilho das lâmpadas A e B da Fig. 8 quando aumentamos gradualmente a resistência do potenciômetro. Ao igualarmos os brilhos das lâmpadas A e B (Fig. 8), como se comparam os valores de R_A e P_{13} ?

Assim, os alunos podem perceber que conforme o potenciômetro é ajustado, de forma a aumentar a resistência, o brilho das lâmpadas diminui e vice-versa. Como atividade lúdica, o professor

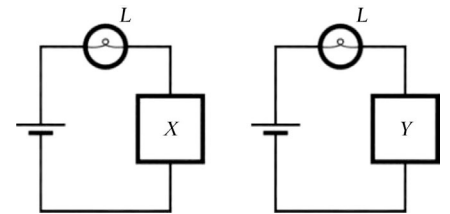


Figura 7 - Circuitos compostos de lâmpadas em série com elementos desconhecidos.

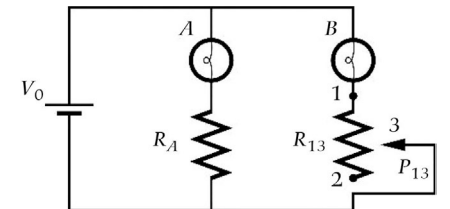


Figura 8 - Circuito elétrico com potenciômetro P_{13} .

pode propor que os alunos indiquem a posição do potenciômetro em que o brilho das lâmpadas é idêntico e depois comparar com os valores medidos com o ohmímetro. Na prática, os valores estimados visualmente devem estar próximos, dentro de ~20%.

4.5. Considerações finais

Neste trabalho apresentamos algumas DI inspiradas na metodologia da aprendizagem investigativa, abordando os circuitos série, paralelo e misto com elementos de valores iguais, diferentes e variáveis. Inserimos, também, experimentos referentes ao conceito de curto-circuito, que pouco é abordado em aula ou em materiais didáticos e que geram muita confusão para os alunos. Essas DI buscam abordar as principais dificuldades conceituais de cada tópico, sendo assim uma alternativa à abordagem tradicional teórica ou experimental. Pretendemos qualificar a aprendizagem conceitual dos estudantes, promovendo a comparação entre suas crenças e a realidade física.

Enfatizamos também os experimentos qualitativos, pois, em nossa opinião, eles devem preceder as abordagens quantitativas, tanto de demonstrações quanto de exercícios. Entretanto, demonstrações quantitativas também podem ser feitas usando multímetros digitais para medidas de corrente e tensão, tal como mostrado por Silva [9]. Finalmente, as atividades propostas podem ser usadas em aulas experimentais em que os próprios alunos manipulam os experimentos.

Referências

- M.S.T. Araújo e M.L.V.S. Abib, Revista Brasileira de Ensino de Física **25**, 176 (2003).
- C.H. Crouch, A.P. Fagen, J.P. Callan and E. Mazur, Am. J. Phys. **72**, 835 (2004).
- A.M.P. Carvalho (coord.), C.M.A. Oliveira, D.L. Scarpa, L.H. Sasseron, L. Sedano e cols., in: *Ensino de Física* (Cengage Learning, São Paulo, 2010), p. 53-78.
- A.M.P. Carvalho, (coord.), E.C. Ricardo, L.H. Sasseron, M.L.V.S. Abib, M. Pietrocola, *Ensino de Ciências por Investigação: Condições para Implementação em Sala de Aula* (Cengage Learning, São Paulo, 2013), p. 1-20.
- L.C. McDermott, Am. J. Phys. **59**, 301 (1991).
- D.R. Sokoloff and R.K. Thornton, Phys. Teach. **35**, 340 (1997).
- K. Miller, N. Lasry, K. Chu and E. Mazur, Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res. **9**, 020113 (2013); DOI: 10.1103/PhysRevSTPER.9.020113
- J. Evans, Phys. Teach. **16** (1), 15 (1978).
- M.C. Silva, Física na Escola **12** (1), 16 (2011).
- B. Mitchell, R. Ekey, R. McCullough and W. Reitz, Phys. Teach. **56**, 75 (2018).
- L.C. McDermott, *Physics by Inquiry* (Wiley, New York, 1996), 1st ed., 823 p.
- L.C. McDermott and P.S. Shaffer, *Tutorials in Introductory Physics* (Prentice-Hall, Upper Saddle River, 2002), 1st ed., 245 p.
- D.R. Sokoloff, P.W. Laws and R.K. Thornton, *RealTime Physics - Module 3: Electricity and Magnetism* (Wiley, Hoboken, 2011), 3rd ed., 175 p.
- P.F.T. Dorneles, I.S. Araujo e E.A. Veit, Revista Brasileira de Ensino de Física **28** (4), 487 (2006).
- C.E. Laburú, A.A. Gouveia e M.A. Barros, Caderno Brasileiro de Ensino de Física **26** (1), 24 (2009).
- L.C. McDermott and P.S. Shaffer, Am. J. Phys. **60** (11), 994 (1992).
- G.G.G. Costa e T. Catunda, Investigação das dificuldades conceituais dos estudantes sobre circuitos elétricos. In: *Resumos do XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*, 2008, Curitiba. Disponível em <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epf/xi/sys/resumos/T0210-1.pdf>. Acesso em 21 fev. 2009.
- American Association of Physics, *Powerful Ideas in Physical Science: Electricity* (AIP, Maryland, 1996), 2nd ed., 358 p.
- G.G.G. Costa, R.C. Pietronero e T. Catunda, Revista Brasileira de Ensino de Física **35** (1), e1305 (2013).

Anexo 1 Etapas de uma demonstração investigativa (DI)

Para a realização de uma DI, salientamos ser importante seguir a ordem dos seis passos descritos abaixo. É de fundamental importância que o aluno faça suas previsões antes que o experimento seja realizado, para que crie o hábito de pensar fisicamente e ao realizar discussões em grupo possa defender, confrontar e modificar suas ideias. Os passos sugeridos por Sokoloff e Thornton [6] são:

O professor pode descrever a demonstração e colocar uma questão a respeito dela.

É solicitado aos alunos realizar suas previsões individuais e as registrar em suas folhas de previsões, respondendo à pergunta: “Qual a sua opinião?”.

Os estudantes devem realizar discussões sobre suas previsões, em pequenos grupos (duas ou três pessoas), e tentar buscar um consenso. Tal discussão é feita respondendo-se à pergunta: “Qual a opinião do seu grupo?”. Em seguida as opiniões dos alunos podem ser anotadas no quadro, para que seja realizada uma breve discussão.

O professor realiza as demonstrações, porém inicialmente não deve comentar, descrever ou interpretar os resultados do experimento.

Os alunos devem comparar suas previsões com os resultados observados na prática, respondendo às perguntas: “Suas opiniões estavam de acordo com o experimento?” e “E as opiniões do seu grupo estavam de acordo com o experimento?”. Inicialmente, o papel do professor deve ser o de guiar a discussão, destacando as diferentes opiniões dos alunos, se for o caso.

Finalmente, o professor pode finalizar a discussão, fornecendo as explicações, conceitos, generalizações etc.

Anexo 2 Principais concepções alternativas sobre circuitos elétricos

Muitos estudantes possuem concepções alternativas, também denominadas concepções prévias ou espontâneas, sobre os conceitos físicos que geralmente estão atreladas ao conhecimento adquirido anteriormente à educação formal. Porém, essas concepções nem sempre correspondem ao conhecimento cientificamente aceito. Dessa maneira, as atividades investigativas devem ser planejadas para que os estudantes confrontem a realidade física com suas crenças [2]. Tal confronto é conhecido como desequilíbrio [4].

Existe uma ampla literatura sobre as concepções alternativas dos diversos conteúdos da física. Segundo McDermott e Shaffer [16], as principais dificuldades e concepções dos estudantes sobre circuitos elétricos são:

Dificuldades em distinguir as diferenças entre os conceitos de corrente, diferença de potencial, energia e potência.

Falta de experiência concreta com circuitos reais.

Dificuldades para entender e aplicar o conceito de circuito simples.

Crença de que a direção da corrente e a ordem dos elementos são importantes.

Crença de que a corrente é consumida no circuito.

Crença de que a bateria é uma fonte de corrente constante.

Dificuldades em reconhecer que a bateria ideal mantém constante o potencial entre os terminais.

Dificuldades para distinguir a diferença entre os ramos conectados em paralelo através da bateria e os ramos conectados em paralelo em outros lugares.

Dificuldades em reconhecer potencial e diferença de potencial.

Falha em distinguir entre a resistência equivalente de uma rede e a resistência de um elemento individual.

Dificuldades para identificar conexões em série e em paralelo.

Dessa forma, acreditamos que, após passarem pelas DI, espera-se que os estudantes possam demover suas concepções alternativas e desenvolver as seguintes concepções [18]:

A eletricidade deve ser compreendida como um conjunto de fenômenos explicáveis em termos de interações e movimento de cargas que parecem já existir em fios, através dos quais elas se movem.

A corrente é associada com a taxa de passagem de cargas.

As lâmpadas não consomem cargas, mas agem como resistência à passagem destas.

As cargas se movem em resposta às forças, que são como as forças que agem entre objetos carregados, porém num circuito completo essa influência sobre o movimento das cargas é atribuída à voltagem ou diferença de potencial fornecida por uma bateria ou outro dispositivo acumulador de cargas tais como um capacitor. [16]

As baterias não criam as cargas, elas já estão lá; todavia, elas movem cargas.

Existe uma relação entre corrente, resistência e voltagem. Comumente, as pessoas percebem que quanto maior o esforço, maior o resultado, e que quanto maior é a resistência, menor o resultado, com resistência e esforço mantidos constantes, respectivamente. Essa noção “ôhmica” sobre a relação entre esforço, resultado e resistência parece se transferir completa e facilmente à situação elétrica para os estudantes. Assim, quanto maior a corrente maior é a voltagem, para uma resistência constante. E, quanto a maior resistência menor a corrente, para uma voltagem constante.

O comportamento e a distinção entre as configurações paralela e série de um circuito ocorre ao se observar que cargas passando através dos elementos do circuito devem também passar através de um novo elemento que seja inserido nesse circuito.

E nesse processo de aprendizagem o professor ganha papel fundamental, no sentido de fazer com que os alunos cheguem às conclusões corretas e a partir dessas conclusões, criadas por eles mesmos, o conceito físico torna-se mais bem assimilado.

Anexo 3 Componentes sugeridos para o quadro de eletricidade

Fonte de tensão variável de 12 V (500 mA, 6 W), 3 lâmpadas de 6 V (~ 0,36 W) e 12 V, lâmpada baioneta de 12 V, resistências de 10 Ω , 100 Ω , 150 Ω , 330 Ω e 470 Ω , potenciômetro de 200 Ω /3 W, capacitores 0,1 F/5,5 V e 0,22 F/5,5 V, LDR 2K2 Ω (LDR nome comercial de *light dependent resistor*), leds, diodos, cabos, elementos para curto-circuito (fios), conjunto para elementos variados, chaves manuais para curto-circuito e multímetro.