

Circuitos Elétricos com Materiais de Baixo Custo: uma proposta pautada na aprendizagem significativa de Ausubel

Electric Circuits with Low Cost Materials: a proposal based on Ausubel's
Meaningful Learning Theory

DANIELLE PEREIRA RODRIGUES*¹, ALINE TIARA MOTA^{†1},
PAULO VICTOR SANTOS SOUZA^{‡1}

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado do Rio de Janeiro, Campus
Volta Redonda, 27215-350 Volta Redonda - RJ, Brazil

DOI: <https://doi.org/10.26512/rpf.v3i1.13429>

Resumo

Nós propomos uma sequência didática para o ensino de circuitos elétricos pautada na Teoria de Aprendizagem Significativa de Ausubel posta em prática por meio de atividades experimentais realizadas com materiais de baixo custo. Os resultados obtidos com as diversas aplicações da sequência em diversas turmas de ensino médio em nossa instituição de origem são apresentados e discutidos. Esses resultados indicam que a sequência pode ser útil na promoção de um aprendizado significativo. Por sua simplicidade e praticidade, a sequência pode ser ajustada às mais diversas realidades escolares.

Palavras-chave: *Aprendizagem significativa. circuitos elétricos. atividades experimentais.*

* danielle.p.rodrigues@hotmail.com

† aline.mota@ifrj.edu.br

‡ paulo.victor@ifrj.edu.br

Abstract

We propose a didactic sequence to teach electrical circuits based on the Ausubel's Meaningful Learning Theory applied through experimental activities performed using low cost materials. The results obtained with the application of the sequence in several High School classes of our institution are presented and discussed. These results indicate that the sequence may be useful in promoting meaningful learning. For its simplicity and practicality, the sequence may be applied in the most diverse school realities.

Keywords: *Meaningful learning. electric circuits. experimental activities.*

I. INTRODUÇÃO

A eletricidade é uma área fundamental da Física. A palavra eletricidade originou-se do termo *elétron*, que em grego significa, âmbar, uma resina fóssil que, quando atritada, pode atrair pequenos objetos. Fenômenos elétricos foram primeiramente estudados, pelo que sabe, por Tales de Mileto em 600 a.C. Este estudo estende-se até os dias de hoje na conjectura da busca por uma teoria unificada dos campos (PIETROCOLA et al., 2010). A compreensão de fenômenos elétricos permitiu que grandes avanços tecnológicos tenham sido obtidos, em especial nos últimos dois séculos. Por esta razão, o estudo da eletricidade figura unanimemente nos currículos de física dos ensinos fundamental e médio no Brasil e no mundo (BRASIL, 2002; BRASIL, 2000; SHIPSTONE et al., 1988).

Entretanto, é fato conhecido que existem diversos problemas no ensino-aprendizagem de eletrodinâmica e que esses problemas não são, em geral, superados com abordagens tradicionais (PACCA et al., 2003). Como exemplo, é conhecida e notável as dificuldades dos alunos em diferenciar conceitos básicos de eletricidade como voltagem, corrente elétrica e resistência elétrica (DUIT; RHÖNECK, 1997). Isso torna preeminente o desenvolvimento de propostas para sala de aula que, ao designar ao aluno o protagonismo de sua própria aprendizagem, promova uma aprendizagem significativa do tema tal como a proposta por David Ausubel em sua Teoria da Aprendizagem Significativa (AUSUBEL et al., 1978). Uma das formas de aplicar as ideias de Ausubel em sala de aula é mediante a utilização de atividades experimentais (MOREIRA, 2012b). De fato, atividades experimentais têm se mostrado ferramentas úteis na busca por soluções para os problemas de ensino-aprendizagem de física mais comuns (ARAÚJO; ABIB, 2003). Isso concorda com o que é descrito nos Parâmetros Curriculares Nacionais - PCN+, que atribuem a experimentação uma importância e abrangência para além das situações tradicionais de experimentação em laboratório.

Diante isso, apresentamos neste texto uma sequência didática pautada na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel (TAS) em que experimentos de baixo custo são utilizados para discutir alguns dos conceitos fundamentais para compreensão do tema circuitos elétricos. A sequência foi aplicada em diversas ocasiões em turmas de ensino médio de nossa instituição de origem e os resultados que obtivemos indicam que a sequência

é praticável, tendo em vista o cenário da escola pública no Brasil, e eventualmente, pode promover um aprendizado significativo.

Este texto apresenta a seguinte estrutura: na seção 2, apresentamos brevemente uma revisão dos principais pressupostos da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel. Discutimos também a potencialidade da experimentação para a promoção deste tipo de abordagem. Logo após, na seção 3, apresentamos a sequência didática propriamente dita. Em seguida, na seção 4, apresentamos e discutimos os resultados obtidos com as sucessivas aplicações da sequência. Finalmente, alguns comentários encerram o texto.

II. A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL IMPLEMENTADA POR MEIO DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS

David Ausubel, em 1960, propôs a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), a qual se baseia na concepção de que o processo de ensino-aprendizagem acontece a partir da transformação cognitiva do aluno (AUSUBEL et al., 1978). Segundo Ausubel, os elementos de mais relevância à nova aprendizagem são os conhecimentos prévios, conhecidos também como subsunçores ou ideias âncoras. Um subsunçor é um conhecimento específico, já existente na estrutura cognitiva do aluno, que propicia um significado ao novo conhecimento adquirido. Nessa interação, o novo conhecimento amplia a abrangência do antigo subsunçor, expandindo as possibilidades para a nova aprendizagem (MOREIRA, 2012a; SANTOS; BALHAZAR; HUGUENIN, 2017).

À vista disso, sequências didáticas embasadas na TAS utilizam os chamamos Organizadores Prévios (OP) para organizar os subsunçores (MOREIRA; SOUSA, 1996).

Mais especificamente, os Organizadores Prévios existem para permitir a aprendizagem na medida em que funcionam como "pontes cognitivas", ou seja, eles ajudam a cobrir lacunas na formação inicial do aprendiz fazendo com que o aprendizado se processe de forma significativa. Assim, verifica-se que o material a ser utilizado tem influência no processo de ensino de modo a potencializar a aprendizagem significativa.

Dado que o tópico a ser trabalhado tenha sido escolhido, a ideia é criar episódios em que os alunos possam externar seus conhecimentos na análise e enfrentamento de situações problema (HILGER; GRIEBELER, 2013). A partir deste ponto, o conhecimento a ser ensinado é passado de forma progressiva, passando dos casos mais particulares aos mais gerais. Ao longo de toda a implementação da sequência didática, ocorre a avaliação, tanto da proposta quanto do desempenho dos estudantes, através de tudo que possa ser considerado evidência de aprendizagem significativa do conteúdo.

Contudo, qual é a relação entre o aprendizado significativo e as atividades experimentais que compõem nossa proposta? Segundo Moreira (MOREIRA, 2012b), existem alguns princípios que norteiam a aprendizagem significativa. As atividades experimentais podem se constituir na forma por meio da qual os princípios da TAS aos quais nos referimos acima se materializam e são levados a cabo na sala de aula. A correspondência entre alguns desses princípios e as atividades experimentais são reproduzidos na tabela 1. Em harmonia com isso, entendemos que as atividades experimentais são as ferramentas ideais para o desenvolvimento de um processo de ensino-aprendizagem em que o aluno é o protagonista.

Tabela 1: Correspondência entre alguns dos princípios que fundamentam a aprendizagem significativa e as atividades experimentais.

Princípios das TAS	Paralelos entre a Teoria e as atividades experimentais
O conhecimento prévio é a variável que mais influencia a aprendizagem significativa	Nas atividades experimentais o professor investiga os conhecimentos prévios dos alunos a partir de problemas iniciais coletando informações para futuras intervenções
Organizadores prévios mostram a relacionabilidade entre novos conhecimentos e conhecimentos prévios	Algumas atividades experimentais necessitam do domínio de alguns conceitos básicos para que sejam realizadas de forma eficaz e eficiente. Realizar um debate ou uma leitura introdutória, por exemplo, pode fornecer ao aluno subsídios para estabelecer significados
São as situações-problema que dão sentido a novos conhecimentos; elas devem ser criadas para despertar a intencionalidade do aluno para a aprendizagem significativa	Ambientes mais propícios a criação de situações-problemas, podem conduzir o aluno a relacionar conhecimentos prévios com os novos. Por exemplo, em algumas atividades experimentais os alunos serão confrontados e despertados a aprendizagem com significados
As situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade	As atividades experimentais podem instigar os alunos a alcançarem níveis maiores de conhecimento
Frente a uma nova situação, o primeiro passo para resolvê-la é construir, na memória de trabalho, um modelo mental funcional, que é um análogo estrutural dessa situação	Atividades experimentais podem facilitar a percepção de fenômenos reavendo os conhecimentos prévios para a construção de seus modelos mentais
A diferenciação progressiva, a reconciliação integradora e a consolidação devem ser levadas em conta na organização do ensino	As atividades experimentais podem permitir uma melhor visualização e relação entre conceitos, o que pode garantir ao aluno uma aprendizagem significativa
A avaliação da aprendizagem significativa deve ser feita em termos de buscas de evidências; a aprendizagem significativa é progressiva	Ao longo de uma atividade experimental pode-se verificar evidências de que o aluno está aprendendo de forma significativa, baseado na sua compreensão, captação de significados, capacidade de transferência do conhecimento a situações não-conhecidas, não-rotineiras
O papel do professor é o de provedor de situações-problema, cuidadosamente selecionadas, de organizador do ensino e mediador da captação de significados de parte do aluno	As atividades experimentais podem oferecer ao professor oportunidades as quais ele poderá ter mais liberdade em trabalhar os conceitos e a elaborar situações problemas
Um episódio de ensino envolve uma relação triádica entre aluno, docente e materiais educativos, cujo objetivo é levar o aluno a captar e compartilhar significados que são aceitos no contexto da matéria de ensino	As atividades experimentais podem proporcionar uma participação mais ativa dos estudantes, possibilitando-os uma maior interação com o meio, com os colegas e com os professores
A aprendizagem significativa crítica é estimulada pela busca de respostas (questionamento) ao invés da memorização de respostas conhecidas, pelo uso da diversidade de materiais e estratégias instrucionais, pelo abandono da narrativa em favor de um ensino centrado no aluno	Uma atividade experimental oportuniza o aluno a verificar, visualizar, interagir e a relacionar. Por meio de uma atividade experimental, o estudante poderá fazer, manusear, operar e agir

Contudo, à despeito da importância da experimentação para o processo de ensino-aprendizagem de física, é notória a dificuldade de implementar a experimentação no ensino de física nas escolas haja vista que a maioria das instituições de ensino público no país não dispõe de laboratório ou dispõe de laboratórios sucateados. Justamente por isso, as atividades experimentais que compõem a sequência didática apresentada neste texto utilizam apenas materiais de baixo custo e, por essa razão, podem ajustar-se às mais diversas realidades escolares.

III. A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A sequência didática desenvolvida por nós tem como objetivo o estudo experimental dos conceitos de voltagem, corrente elétrica, resistência elétrica e 1 lei de Ohm. Na tabela 2, apresentamos a estruturação da sequência em oito etapas distintas que encontram correspondência na *Teoria da Aprendizagem Significativa* (HILGER; GRIEBELER, 2013).

Tabela 2: Estruturação da sequência em oito etapas com objetivos e atividades distintos.

Etapas de estruturação da sequência	Objetivo da etapa	Atividades realizadas na etapa
1	Definição do tema	-
2	Exteriorização dos subsunçores	Realização de um brainstorming
3	Preparação para o conteúdo, por meio de situações problema e sempre considerando o conhecimento prévio exposto no passo anterior	Elaboração de uma situação problema a fim de preparar o aluno para a realização de toda a sequência
4	Apresentação dos conceitos, relacionando-os aos exemplos e discussões anteriores	Este passo foi realizado durante a aplicação de cada atividade experimental
5	Retomar o conteúdo em uma nova apresentação com nível mais alto de complexidade em relação à primeira apresentação	Realização da atividade anterior, utilizando instrumentos de medidas, para diferenciar voltagem de corrente
6	Encerramento do conteúdo, com a apresentação dos conceitos em nível máximo de complexidade, de acordo com o nível escolar. Isto deve ser feito através de uma nova apresentação dos significados	A partir dos conceitos vistos, desenvolvemos uma nova atividade experimental com a finalidade de estudar a 1 lei de Ohm
7	O desempenho dos estudantes é avaliado pelo professor	Foi realizado ao longo de toda atividade experimental
8	Avaliação da sequência	Momento em que realizamos nossa avaliação final

A implementação da sequência se processa por meio de cinco atividades distintas que, em todas aplicações realizadas, pôde ser concluída em quatro aulas de cinquenta minutos. No primeiro, realizamos um *brainstorming* sobre os principais conceitos de circuitos elétricos seguido da construção de um mapa mental para que os alunos externalizem seus

subsunçores. Em seguida, uma atividade experimental cujo intuito é discutir o que leva uma lâmpada a brilhar é realizada. Na terceira etapa, outra atividade experimental é realizada. Esta tem como objetivo promover a diferenciação entre os conceitos de voltagem e corrente. Daí, na quarta etapa, mais uma atividade experimental é realizada. Esta atividade tem como objetivo deduzir experimentalmente a 1ª Lei de Ohm. Finalmente, uma atividade que visa discutir porque as lâmpadas eventualmente reduzem seu brilho quando ligar um chuveiro encerra a sequência. Nas subseções que se seguem, descrevemos mais detalhadamente cada uma das etapas da sequência. Os roteiros utilizados na implementação da sequência e os comentários referentes as etapas que compõem as atividades são encontrados no apêndice A.

I. Primeira atividade: *brainstorming* e mapas mentais

Na primeira etapa da sequência realizamos um *brainstorming* sobre circuitos elétricos para ativar os subsunçores dos alunos. Para isso, apresentamos uma série de perguntas aos alunos, ouvimos suas opiniões e discutimos a razoabilidade dessas respostas. As perguntas utilizadas por nós foram: 'O que é eletricidade?', 'o que são circuitos elétricos?' e 'quais são os elementos básicos que constituem um circuito elétrico?'. A fim de sistematizar o que foi discutido, solicitamos aos alunos que construíssem um mapa mental sobre o tema. O mapa, que compõe a avaliação da sequência, foi feito individualmente e entregue em seguida.

II. Segunda atividade: que lâmpada brilha mais?

Na segunda etapa da sequência propomos a primeira atividade experimental que compõe a sequência. O aparato experimental utilizado é composto de três lâmpadas de 15 W, 40 W e 60 W, fios conectores com garra jacaré, plugue macho de tomada e uma cortiça de madeira, como mostrado na figura 1.

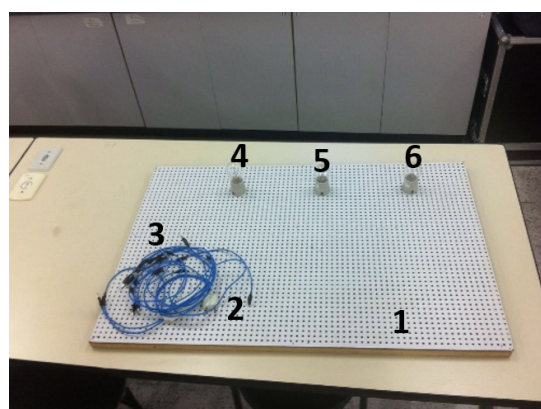


Figura 1: Mostra-se o aparato experimental utilizado na segunda etapa da sequência. O aparato é composto pela cortiça (1), pelo plugue macho de tomada (2), pelos fios conectores com garra jacaré (3) e pelas lâmpadas de 15W (4), 40W (5) e 60W (6).

O objetivo desta atividade é discutir conceitualmente porque uma lâmpada brilha e o que pode influenciar seu brilho. Como antes, o ponto de partida para atividade é uma

pergunta, a saber, "Por que as lâmpadas brilham?". Nossa intenção com esta pergunta foi que os alunos, depois de discutir entre si e com o professor, fossem capazes de atribuir o fenômeno à dissipação de energia na lâmpada pela ação do efeito Joule. Em seguida, pedimos aos alunos que listassem que parâmetros eles julgavam ser importantes para o brilho da lâmpada. Em todas as vezes que esta atividade foi realizada, boa parte dos alunos mostrou-se capaz de relacionar o brilho da lâmpada com os conceitos de voltagem, corrente, resistência e potência nominal da lâmpada, o que já era esperado tendo em vista que os alunos já haviam recebido instrução usual sobre o tema circuitos elétricos previamente.

Logo após, apresentamos aos alunos o seguinte problema: "considerem três lâmpadas, uma de 15W, uma de 40W e uma de 60W. Qual dentre estas brilha mais?". Uma resposta acompanhada de justificativa foi solicitada. Em todas as vezes que esta atividade foi realizada, massivamente os alunos apontaram que a lâmpada de 60W brilharia mais que as demais simplesmente porque tem a maior potência nominal.

Em seguida, com a justificativa de verificar experimentalmente sua expectativa, solicitamos aos alunos que montassem, usando o aparato experimental apresentado na figura 1, um circuito simples em que as lâmpadas estivessem associadas, inicialmente, em série. Neste caso, a lâmpada de 15W apresenta, evidentemente, o maior brilho, como mostra a figura 2 a. Esta observação, fez com que os alunos, em todas as aplicações da atividade, modificassem sua resposta à questão anterior, embora não tenham se mostrado capazes de justificar porque a lâmpada de 15W apresenta maior do que as demais. Em seguida, solicitamos aos alunos que associassem as lâmpadas em paralelo. Neste caso, a lâmpada de 60W brilha mais que as demais lâmpadas, como mostra a figura 2 b. Em seguida, realizamos uma discussão sobre o experimento envolvendo toda a turma e solicitamos que os alunos respondessem a um questionário. Os mesmos, tanto na versão aluno quanto na versão professor, estão disponíveis no link apresentado no final da seção III.

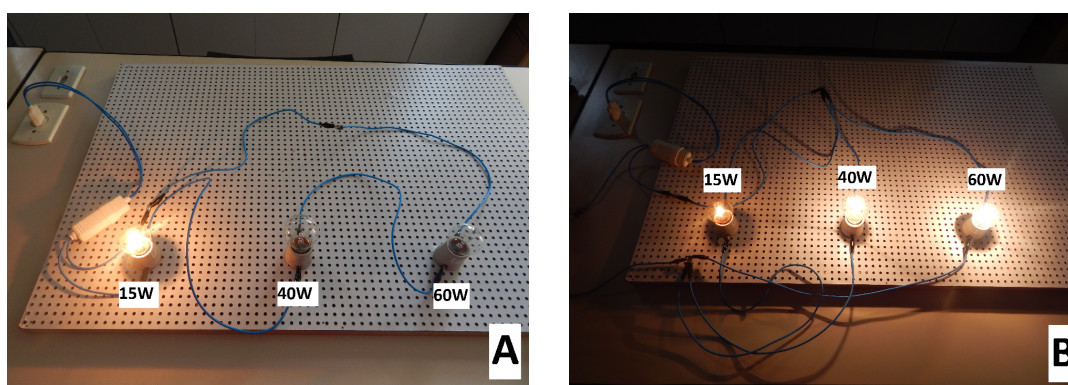


Figura 2: Lâmpadas associadas em série (A) e paralelo (B)

III. Terceira atividade: diferenciando voltagem de corrente

Na terceira etapa da sequência propomos a segunda atividade experimental que compõe a sequência. A finalidade desta atividade é promover a distinção entre os conceitos de voltagem e corrente. Com este intuito, pedimos que os alunos, usando o mesmo aparato experimental utilizado na atividade anterior, associassem, novamente, as lâmpadas em

série. Em seguida, solicitamos que eles medissem as quedas de potencial em torno de cada uma das lâmpadas e o valor da corrente em diferentes pontos do circuito. Pretendeu-se com isto enfatizar que a passagem da corrente por cada lâmpada ocorre acompanhada apenas de uma queda de tensão enquanto o valor da corrente não é afetado. Dessa forma, é fácil perceber que neste tipo de associação todas as lâmpadas são percorridas pela mesma corrente, conceito extremamente importante para plena compreensão da questão já abordada na segunda etapa da sequência, a que diz respeito ao brilho e a potência dissipada em cada lâmpada. Com efeito, quando as lâmpadas são percorridas pela mesma corrente, brilha mais aquela que apresenta a maior resistência.

Subsequentemente, o mesmo foi feito para o caso das lâmpadas associadas em paralelo. Neste caso, a ideia é reforçar que lâmpadas associadas em paralelo estão submetidas à mesma queda de potencial, o que é possível perceber por meio da medição direta. É também possível perceber que a corrente neste caso se divide entre os ramos onde estão as lâmpadas e que isso ocorre numa proporção inversamente proporcional à resistência das lâmpadas, ou seja, a lâmpada com menor (maior) resistência é percorrida pela maior (menor) fração da corrente. Essa ideia também é fundamental para compreensão da questão do brilho e da potência dissipada em cada lâmpada já discutida na segunda etapa da sequência. De fato, quando submetidas à mesma tensão, brilha mais a lâmpada que apresenta a menor resistência.

Os alunos foram incentivados a tomar nota de suas conclusões e apresentar justificativas com suas próprias palavras para estas conclusões. Os questionários utilizados na condução da atividade, tanto a versão aluno quanto a versão professor, estão disponíveis no link apresentado no final da seção

IV. Quarta atividade: investigando a 1ª lei de Ohm experimentalmente

Neste momento, propomos a terceira e última atividade experimental que compõe a sequência. O objetivo desta atividade é investigar conceitualmente a 1ª Lei de Ohm. O aparato experimental utilizado, uma fonte de corrente contínua produzida com materiais de baixo custo, dois multímetros e três resistores, é mostrado na figura 3.

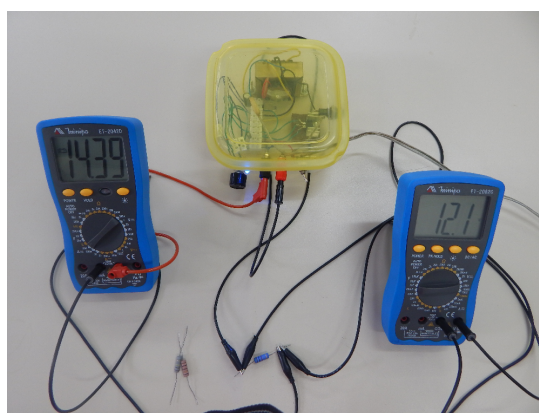


Figura 3: O aparato experimental utilizado na quarta etapa da sequência.

A fonte caseira mostrada na figura 3 foi construída de acordo com o projeto apresentado

na referência (AMORIM; BARROS, 2007). Trata-se de um projeto factível e acessível para realidade de qualquer escola pública tendo em vista que pode ser facilmente executado e se utiliza apenas de materiais de baixo custo.

Neste caso, pedimos aos alunos que ligassem cada uma das resistências à fonte e que os multímetros fossem dispostos para medir a intensidade da corrente no circuito e a queda de tensão na resistência. A fonte pode ser regulada para ofertas diferentes de potencial entre 6V e 18V. Solicitamos então aos alunos que variassem a voltagem ofertada pela fonte de um volt em um volt. Ademais, pedimos que aferições concomitantes da corrente no circuito fossem realizadas. Com base nisso, os alunos construíram uma tabela com as medições simultâneas da corrente e da voltagem. Em seguida, solicitamos que eles construíssem um gráfico da voltagem versus corrente para cada resistor. Os dados nos gráficos podem facilmente ser ajustados por retas com diferentes coeficientes angulares. Daí, perguntamos aos alunos que característica geométrica diferia os gráficos e sugerimos que esta característica fosse utilizada para caracterizar e diferenciar as resistências. É neste momento que apresentamos a 1 lei de Ohm aos alunos, a partir deste resultado experimental ¹. Neste momento, encerra-se a atividade, cujo objetivo básico é construir a ideia expressa pela 1 lei de Ohm ao invés de postular, como geralmente ocorre nos livros didáticos (ALVARENGA; MÁXIMO, 2000; GASPAR, 2013).

Para finalizar, solicitamos que após a atividade os alunos relatassem por escrito que atividades foram desenvolvidas e qual o significado, segundo seu entendimento, da 1 lei de Ohm.

V. Quinta atividade: a avaliação final

Nesta etapa da sequência didática, propomos uma atividade final cujo o objetivo é a sistematizar os conceitos e ideias trabalhados na sequência como um todo.

Primeiramente, perguntamos aos alunos "por que, de vez em quando, ao ligarmos o chuveiro, percebemos que as lâmpadas reduzem seu brilho?". Intentamos com essa pergunta que os alunos utilizem os conceitos e ideias estudados na sequência didática para tentar refletir nesta questão em particular. Solicitamos que eles discutissem suas ideias em pequenos grupos, elaborassem uma justificativa utilizando os conceitos discutidos na sequência, e finalmente, construíssem um circuito nos mesmos moldes do mostrado na figura 1 que pudesse ser usado para demonstrar a adequação da justificativa. Logo após, solicitamos que os alunos montassem um mapa conceitual cujo conceito central é "circuitos elétricos", proposto como uma estratégia potencialmente facilitadora de uma aprendizagem significativa e como avaliação da aprendizagem, na comparação entre o mapa livre e o mapa conceitual (MOREIRA; SOUSA, 1996; SCHITTLER; MOREIRA, 2014).

¹Cabe-nos salientar que a resistência é uma função das propriedades microscópicas e geométricas do resistor. Em nossa abordagem, não definimos a resistência como a razão entre a voltagem ao qual está submetido um resistor e a corrente que o atravessa. Antes, afirmamos aos alunos que esta razão resulta nesta característica, mas não a define. Trata-se de um procedimento de medida cujo resultado nos permite determinar uma característica peculiar dos resistores, ou seja, sua resistência.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A sequência didática apresentada na seção precedente foi sistematicamente aplicada em turmas do curso médio técnico integrado de nossa instituição, ao longo de mais de um ano. Os resultados obtidos permitiram-nos perceber a excelente adequação da sequência ao currículo do ensino médio e à realidade da escola pública no Brasil, tendo em vista que sua inteira aplicação pôde ser realizada em cerca de quatro aulas de 50 minutos e que apenas materiais de baixo custo foram utilizados na construção dos aparatos experimentais usados nas atividades. Avaliações ao longo do processo, ou seja, depois de cada atividade, e ao final do processo serviram-nos de indicador da eficácia da sequência. Na tabela 3, resumizamos as atividades realizadas em cada estágio da sequência, apresentamos as avaliações utilizadas em cada uma das mesmas e apontamos às conclusões à que chegamos a partir dos resultados dessas avaliações nas diversas vezes em que a sequência foi aplicada.

Tabela 3: Síntese das atividades e avaliações realizadas em cada etapa da sequência. As conclusões apresentadas refletem as tendências percebidas ao longo de todas as aplicações.

Estágio	Atividades	Avaliação	Conclusões
Pri-meira	Brainstor-ming	Mapa mental	Embora os alunos mostraram-se capazes de responder as perguntas propostas, apresentaram dificuldades para construir os mapas mentais. Isso deve-se, segundo pudemos observar, a dificuldade dos alunos em compreenderem os significados de voltagem, corrente e resistência
Se-gunda	Atividade experimen-tal	Questionário	Em sua maioria, os alunos conseguiram relacionar a potência dissipada com os conceitos de voltagem, corrente e resistência, por conta de seu domínio das fórmulas, mas falharam na comparação dos os brilhos das lâmpadas. Avanços na compreensão conceitual só começaram a ser observados após a discussão no final da atividade, o que é evidenciado pelas respostas ao questionário
Ter-ceira	Atividade experimen-tal	Questionário	Ao longo desta atividade, boa parte dos alunos começou a evidenciar a capacidade de diferenciar tensão de corrente e distinguir as diferenças nuances relacionadas a cada tipo de associação de lâmpadas, o que ficou evidente nas respostas obtidas no questionário
Quarta	Atividade experimen-tal	Questionário	Especificamente, esta atividade propiciou aos alunos o desenvolvimento de diversas habilidades úteis, como a habilidade de realizar medições a produzir um gráfico a partir de dados experimentais. Embora quase a metade dos alunos tenha demonstrado dificuldades em produzir os gráficos, com o auxílio do professor e com a ajuda de colegas, a maioria mostrou-se capaz de interpretar os dados e distinguir cada resistor
Quinta	Brainstor-ming	Mapa conceitual Atividade prática	Ao final desta etapa, foi possível perceber o avanço significativo no aprendizado dos alunos que, em sua maioria, foram capazes de resolver a questão “do chuveiro” de maneira adequada e construir mapas conceituais ricos e coerentes

Em suma, pode-se perceber que as atividades experimentais criaram um ambiente facilitador para a percepção de fenômenos, fazendo com que os alunos revessem seus

conhecimentos prévios, captassem novos significados e construíssem um modelo mental mais amplo e eficaz.

Ao compararmos os mapas traçados pelos alunos, percebemos evidências de que a maioria dos estudantes aprenderam de forma significativa. O tempo de confecção dos mapas conceituais foi diminuto quando comparado ao tempo dedicado à elaboração dos mapas mentais na primeira etapa. Além disso, na forma como os alunos relacionaram os conceitos aprendidos, percebemos que as interpretações e as relações significativas entre os conceitos-chave da matéria de ensino, segundo o ponto de vista de cada aluno, tornaram-se mais estáveis. Para exemplificar, mostramos na figura 4 um dos mapas mentais e um dos mapas conceituais produzidos pelos alunos, respectivamente, na primeira e na quinta etapa da intervenção.

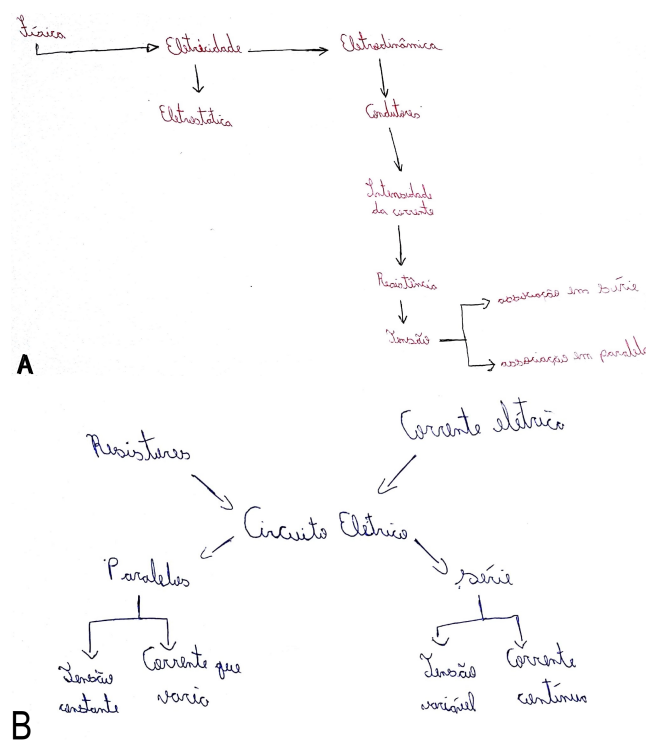


Figura 4: Exemplos dos mapas livres (A) e conceituais (B) realizados pelos alunos

Um desenvolvimento análogo pôde ser percebido por meio da análise dos resultados obtidos com as três atividades experimentais. Em geral, essas atividades proporcionaram aos alunos a possibilidade de desenvolver e/ou aprimorar diversas habilidades úteis e de ampla aplicação, como montar circuitos, utilizar voltímetros e amperímetros, realizar medições e produzir gráficos. Foi possível perceber também o aprimoramento de competências atitudinais e comportamentais, como a capacidade de trabalhar em grupo, de discutir e verbalizar e de tomar decisões a partir de dados e informações obtidas com os procedimentos.

Nossa primeira atividade experimental versou sobre duas questões chaves. Inicialmente, perguntamos a eles o por que as lâmpadas brilham. Ao levantar esta questão em sala, os alunos foram capazes de relacionar a potência dissipada com os conceitos de voltagem, corrente e resistência. Como era de se esperar, uma vez que já tinham estudado o tema. Transcrevemos abaixo algumas das respostas obtidas.

Aluno 1 *Por causa da corrente elétrica que tem a ver com o efeito Joule. Por causa da diferença de potencial*

Aluno 2 *A lâmpada brilha como consequência do efeito Joule, que ocorre quando há uma corrente elétrica passando por um resistor e gerando calor fazendo a lâmpada brilhar em decorrência da temperatura*

Aluno 3 *Por conta do efeito Joule. Corrente, tensão e resistência*

Aluno 4 *Por conta da intensidade e dos elétrons que ali passam. Efeito Joule. Corrente e tensão.*

A pergunta proposta inicialmente possibilitou a investigação dos conhecimentos prévios dos alunos. Isso nos permitiu coletar informações úteis que subsidiaram o desenvolvimento das atividades posteriores, uma vez que o conhecimento prévio é uma variável que influencia fortemente a aprendizagem significativa. A partir das respostas dadas pelos alunos, algumas dentre as quais apresentadas acima, podemos notar que eles já dispunham de um arcabouço teórico sobre o tema, permitindo que déssemos continuidade na aplicação das outras etapas da atividade.

Na sequência, perguntamos a eles qual dentre as lâmpadas de 15W, 40W e 60W deveria apresentar maior brilho. Em sua maioria, os alunos apontaram que a lâmpada de 60W brilharia mais que as outras simplesmente porque tem a maior potência nominal. Nossa intenção era que os alunos reconhecessem que o brilho de uma lâmpada incandescente, que funciona à base do aquecimento de uma resistência, é proporcional a temperatura. Portanto, brilhará mais a lâmpada que dissipar mais energia num determinado arranjo, seja em série ou em paralelo.

Para verificar experimentalmente o que fora especulado por eles, solicitamos, logo em seguida, que associassem as lâmpadas, primeiramente, em série e, logo depois, em paralelo. Suas reações frente a estas observações foram muito interessantes. Primeiro, ao associarem as lâmpadas em série, os alunos modificaram suas respostas. Quando já estavam confiantes que a lâmpada de 15W brilhava mais, pedíamos para que eles associassem as lâmpadas em paralelo. Com isso, os alunos rigorosamente percebiam que os argumentos que sustentavam a ideia de que a lâmpada de 60W brilharia mais já não servia.

Com isso, percebemos que, ao se deparar com situações inesperadas em atividades experimentais, o aluno pode ter sua curiosidade despertada, motivando-o a buscar respostas possíveis ou levando-o a modificar seus procedimentos. Por esse motivo, iniciamos um diálogo com os alunos com o objetivo de contestar a razoabilidade de seus argumentos para que eles mesmos tirassem suas próprias conclusões. Nesse instante os avanços na compreensão conceitual começaram a ser observados, o que foi evidenciado pelas respostas aos questionários.

Subsequentemente, a segunda atividade experimental foi realizada. Nesta etapa, os alunos foram incentivados a associar, novamente, as lâmpadas em série e em paralelo e medir, em cada uma das associações, as quedas de tensão em torno de cada uma das lâmpadas e o valor da corrente em diferentes pontos do circuito. Para isso os alunos teriam que combinar os multímetros, na função voltímetro e amperímetro, respectivamente, no circuito.

Para que a realização dessa atividade experimental fosse eficaz, os alunos necessitavam

dominar alguns conceitos básicos sobre circuitos elétricos. Todavia, eles não conseguiam relacionar o que tinham aprendido em sala de aula anteriormente com a situação prática diante deles. De acordo com Moreira (MOREIRA, 2012a), a aprendizagem só ocorre quando há uma ligação entre o conhecimento prévio do aluno, o subsunçor, e o novo conhecimento. Então, dedicamos um momento para debater com os alunos suas ideias prévias sobre a utilização dos instrumentos de medidas em circuitos elétricos a fim de organiza-las e fornecer a eles subsídios para que os novos significados se estabelecessem. Este momento proporcionou uma participação mais ativa dos alunos, em que eles captaram e compartilharam os significados adquiridos com os demais alunos.

Em nossa terceira e última atividade experimental solicitamos aos alunos que associassem os resistores à fonte e que dispusessem os os multímetros para aferir, concomitantemente, a voltagem e a corrente elétrica. Com isso, os alunos deveriam montar uma tabela com os dados averiguados e, assim, construir um gráfico voltagem versus corrente para cada resistor.

Por causa da dificuldade de alguns alunos em produzir os gráficos, desenvolvemos toda a atividade em grupo. Percebemos, com isso, que as atividades experimentais puderam proporcionar uma participação mais ativa dos estudantes, possibilitando-os uma maior interação com o meio, com os colegas e com o professor. Sendo assim, coletivamente, foram capazes de demonstrar boa compreensão acerca da ideia expressa pela 1 lei de Ohm.

Os resultados obtidos, nesta aplicação, permitiram-nos concluir que a sequência didática elaborada pode contribuir para uma aprendizagem significativa dos principais conceitos presentes no tema de circuitos elétricos, além de proporcionar o desenvolvimento de competências de ampla aplicação.

V. COMENTÁRIOS FINAIS

A eletrodinâmica se constitui em uma das áreas mais destacadas da física, não apenas por sua função propedêutica, mas também por sua relação indissociável com o mundo tecnológico e científico em que vivemos. Por esta razão, o tema invariavelmente figura nos currículos do ensino médio no Brasil e no mundo. À despeito disso, são conhecidas e notórias diversas dificuldades de ensino-aprendizagem do tema em nível médio, dificuldades essas que não têm sido superadas com o uso exclusivo de metodologias de ensino tradicionais.

Diante disso, apresentamos neste texto uma sequência didática para o ensino dos principais conceitos de eletrodinâmica, alternativa às usuais, pautada na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e posta em prática por meio de atividades experimentais realizadas com materiais de baixo custo.

A sequência foi aplicada em diversas ocasiões em turmas do ensino médio-técnico em nossa instituição de trabalho. Os resultados obtidos com diversas aplicações nos permitiram concluir que a sequência pode ser útil para que se promova uma aprendizagem significativa. Foi observado que, em geral, os alunos apresentaram ganho conceitual depois de submetidos à instrução usando a sequência. Esse ganho se expressa principalmente pelo melhoria na capacidade dos alunos de relacionar de maneira adequada conceitos necessários para explicar satisfatoriamente os fenômenos observados. Foi possível também observar ganhos atitudinais nos alunos que, à medida que as atividades que compõem a

sequência eram realizadas, engajaram-se cada vez mais no desenvolvimento das atividades e se comunicaram de maneira cada vez mais desvolta uns com os outros e com o professor.

Ademais, a sequência é simples, porque usa apenas materiais de baixo custo, e prática, porque pode aplicada em apenas quatro aulas de cinquenta minutos. Por isso, acreditamos que a sequência possa ser ajustável às mais diversas realidades escolares. Com o intuito de facilitar a replicação da sequência, os modelos dos questionários utilizados na sequência e alguns exemplos de resultados obtidos foram disponibilizados por meio de links para download.

REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, B.; MÁXIMO, A. *Curso de Física: Volume 3*. [S.l.]: São Paulo: Scipione, 2000. 141
- AMORIM, H. S.; BARROS, S. L. S. Instrumentação para o ensino da física 1. *Investigações em Ensino de Ciências*, Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ, v. 1, 2007. 141
- ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, SCIELO BRASIL, v. 25, n. 2, 2003. 134
- AUSUBEL, D. P. et al. *Educational psychology: A cognitive view*. Holt, Rinehart and Winston New York, 1978. 134, 135
- BRASIL, M. da E. Secretaria de educação média e tecnológica. *Parâmetros curriculares nacionais Ensino Médio*., Brasília: MEC/SEMTEC, 2000. 134
- BRASIL, M. da E. Secretaria de educação média e tecnológica. *PCN+ ensino médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais; ciências da natureza, matemática e suas tecnologias*., Brasília: MEC/SEMTEC, 2002. 134
- DUIT, R.; RHÖNECK, C. V. Learning and understanding key concepts of electricity. *Connecting research in physics education with teacher education*, The International Commission on Physics Education, p. 1–6, 1997. 134
- GASPAR, A. *Compreendendo a física: eletromagnetismo e física moderna*. [S.l.]: São Paulo: Ática, 2013. v. 3. 141
- HILGER, T. R.; GRIEBELER, A. Uma proposta de unidade de ensino potencialmente significativo utilizando mapas conceituais¹ (a proposal of potentially meaningful teaching unit using concept maps). *Investigações em Ensino de Ciências*, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Física, v. 18, n. 1, p. 199, 2013. 135, 137
- MOREIRA, M. A. ?al afinal, qué es aprendizaje significativo? *Qurriculum: revista de teoria, investigación y práctica educativa*. *La Laguna, Espanha*., p. 29–56, marzo 2012. 135, 145
- MOREIRA, M. A. Unidade de ensino potencialmente significativas-ueps. *Temas de ensino e formação de professores de ciências*. Natal, RN: EDUFRN, p. 45–57, 2012. 134, 135

- MOREIRA, M. A.; SOUSA, C. M. S. G. *Organizadores prévios como recurso didático*. Porto Alegre, RS, Instituto de Física da UFRGS: Monografias do Grupo de Ensino, 1996. v. 5. (Enfoques Didáticos, v. 5). 135, 141
- PACCA, J. L. A. et al. Corrente elétrica e circuito elétrico: algumas concepções do senso comum. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 20, n. 2, p. 151–167, 2003. 134
- PIETROCOLA, M. et al. *Coleção Física em Contextos: pessoal, social e histórico - eletricidade e magnetismo, ondas eletromagnéticas e radiação e matéria*. [S.l.]: São Paulo: Editora FTD, 2010. v. 3. 134
- SANTOS, R. P.; BALTHAZAR, W. F.; HUGUENIN, J. A. O. Sequência didática para o ensino de cinemática com vídeo análise na perspectiva de aprendizagem significativa. *Revista do Professor de Física*, v. 1, n. 2, 2017. 135
- SCHITTLER, D.; MOREIRA, M. A. Laser de rubi: uma abordagem baseada em unidades de ensino potencialmente significativas (ueps). *Latin-American Journal of Physics Education*, Citeseer, v. 8, n. 2, p. 263, 2014. 141
- SHIPSTONE, D. M. et al. A study of student's understanding of electricity in five european countries. *International journal of science education*, Taylor e Francis, v. 10, n. 3, p. 303–316, 1988. 134
-

A. ROTEIROS DAS ATIVIDADES COMENTADOS

I. Roteiro da atividade 1

1. Brainstorming.

Nesta etapa o professor poderá realizar uma discussão inicial com os alunos podendo verificar qual o conhecimento inicial que os mesmos possuem realizando questionamentos acerca do que é a eletricidade, o que são circuitos elétricos e quais elementos básicos constituem um circuito elétrico.

O objetivo do *brainstorming* é fazer com que o aluno externalize seus conhecimentos prévios sobre circuitos elétricos. É indicado que o professor anote algumas palavras-chave no quadro, pois isso pode funcionar como uma ponte para a próxima atividade que será a montagem do mapa mental.

2. Monte um mapa livre utilizando as palavras externalizadas pelos alunos durante o brainstorming.

Neste momento da atividade os alunos deverão ser incentivados a montar um mapa mental associando as palavras externadas em forma de diagrama. Os retângulos a seguir contém palavras que provavelmente foram ditas pelos alunos no *brainstorming*. A ideia central dessa etapa é permitir que os alunos realizem conexões entre os termos, sendo orientados a distribuir esses conceitos em uma folha, e escrever de que forma eles podem ser associados.

Associação em série	Associação em paralelo
Eletricidade	Eletrodinâmica
Física	Eletrostática
Fios	Potência
Tensão	Intensidade
Corrente	Resistência
Cargas elétricas em movimento	Interruptor
Cargas elétricas paradas	Fenômenos elétricos
Circuito elétrico	

II. Roteiro da atividade 2

1. Por que a lâmpada brilha? O brilho é uma função de que variáveis?

Com esta pergunta, intentamos que os alunos relacionem o brilho da lâmpada com a energia dissipada por causa do efeito Joule. Feita esta associação, desejamos que os alunos listem quais parâmetros são importantes para o brilho da lâmpada. Em nossas aplicações piloto, os alunos mostraram-se capazes de relacionar o brilho da lâmpada com voltagem, corrente, resistência, potência nominal, efeito Joule.

2. Para responder a pergunta anterior, considere de maneira mais precisa o seguinte problema. Três lâmpadas: 15 W, 40 W e 60 W. Qual brilha mais? Justifique sua resposta.

Após responder a esta pergunta, os alunos irão/vão montar o circuito no aparato experimental, sendo orientado pelo professor, mas ficarão livres para manusear os objetos. Com esta pergunta, intentamos que os alunos relacionem o tipo de associação ao brilho da lâmpada e não só a potência nominal de cada lâmpada. Em nossas aplicações piloto, os alunos responderam no ato que a lâmpada de potências nominal 60 W brilharia mais, pelo simples fato dela ter a maior potência.

3. Usando os valores nominais de cada lâmpada, determine a resistência de cada uma delas.

Com esta pergunta, os alunos através dos cálculos serão capazes de relacionar os conceitos aprendidos em sala de aula com a atividade prática experimental.

4. Depois de ver o experimento (lâmpadas associadas em série), como você responderia a pergunta 2? E se retirarmos uma lâmpada do circuito e trocarmos ela de lugar, o que acontecerá?

Com esta pergunta, os alunos serão capazes de verificar/constatar se a resposta anterior condiz com o observado ou não. Em nossas aplicações piloto, os alunos mostraram ser capazes de relacionar os conceitos trabalhados com o observado através do experimento.

5. Depois de ver o experimento novamente (lâmpadas associadas em paralelo), como você responderia a pergunta 2? E se retirarmos uma lâmpada do circuito e trocarmos ela de lugar, o que acontecerá?

Com esta pergunta, os alunos serão capazes de verificar/constatar se a resposta anterior condiz com o observado ou não. Em nossas aplicações piloto, os alunos mostraram ser capazes de relacionar os conceitos trabalhados com o observado através do experimento.

6. O brilho é proporcional à potência dissipada na lâmpada. A potência dissipada é uma função de que parâmetro?

Com esta pergunta, os alunos deverão ser capazes de descrever a fórmula da potência $P=U.i$ e discutir as relações, Se o circuito estiver em paralelo, U é o mesmo para todos, logo a potência é maior na lâmpada onde passa a maior corrente. Se o circuito estiver em série, U é diferente para todos e a corrente é a mesma, logo a potência é maior onde tiver maior resistência.

7. Qual o valor da corrente que percorre cada lâmpada em cada uma das associações? Que diferença de potencial se estabelece em torno de cada uma das lâmpadas em cada uma das associações?

Com esta pergunta, os alunos através dos cálculos serão capazes de relacionar os conceitos aprendidos em sala de aula com a atividade prática experimental.

8. Considere a relação para a potência elétrica, $P = i^2 \times r$. Ela indica que a potência é diretamente proporcional à corrente e a resistência. Porém, $i \sim \frac{1}{r}$ (1 lei de Ohm). Assim, Se aumentar r , por um lado, P aumenta, por outro lado, i diminui e P diminui. Se diminuir r , por um lado, P diminui, por outro lado, i aumenta e P aumenta. Qual é a relação entre a potência e a resistência? Faça uma tabela e, subsequentemente, um gráfico P versus r para uma lâmpada cuja resistência varia entre 1Ω e 10Ω que é submetida a uma DDP de 120 V.

Com esta questão, os alunos foram motivados a, explicitamente, obter a relação entre a potência dissipada e a resistência para uma DDP fixa. O gráfico pode ser feito com o auxílio de um aplicativo como o Excel ou diretamente no papel milimetrado. Contudo, com a utilização de um aplicativo como Excel, pode-se explorar algumas variáveis interessantes do problema, como, usar o aplicativo para determinar o tipo da função plotada. De uma forma ou de outra, o objetivo é que os alunos percebam que, para uma DDP fixa, $Pot \sim \frac{1}{r}$.

9. Considere duas resistências, uma fixa, e de valor 5Ω e a outra variável, entre 1Ω e 10Ω , associadas em paralelo e em série. Refaça o exercício anterior, i.e., obtenha a tabela e o gráfico Pot versus r , para a resistência que varia.

Em série:

$$1) req = 5\Omega + 1\Omega = 6\Omega$$

$$i = \frac{u}{r} = \frac{120}{6} = 20A$$

$$Pot(1resistor) = 20^2 \times 1 = 400W$$

$$2) req = 5\Omega + 10\Omega = 15\Omega$$

$$i = \frac{u}{r} = \frac{120}{15} = 8A \quad Pot(2resistor) = 8^2 \times 10 = 640W$$

Em paralelo:

$$1) \frac{1}{req} = \frac{1}{5}\Omega + \frac{1}{1}\Omega = \frac{1+5}{5}\Omega = \frac{6}{5}\Omega$$

$$req = \frac{5}{6} = 0,83\Omega$$

$$i = \frac{u}{r} = \frac{120}{0,83} = 144,6A$$

$$i \text{ que percorre } 1\Omega = \frac{120}{1} = 120A$$

$$Pot = 120^2 \times 1 = 14400W$$

$$2) \frac{1}{req} = \frac{1}{5}\Omega + \frac{1}{10}\Omega = \frac{1+2}{10}\Omega = \frac{3}{10}\Omega$$

$$req = \frac{10}{3} = 3,33\Omega$$

$$i = \frac{120}{3,33} = 36A$$

Com esta pergunta, o aluno será capaz através dos cálculos e da construção do gráfico, observar que a associação em série, $Pot \sim r$ e na associação em paralelo, $Pot \sim \frac{1}{r}$.

10. Por que, de vez em quando, ao ligarmos o chuveiro, percebemos que as lâmpadas reduzem seu brilho?

Nesta questão, os alunos deverão ser capazes de determinar que a ligação elétrica em uma residência é feita em paralelo. Especificando que corrente se divide pelo circuito enquanto a tensão, tanto nas lâmpadas como nas tomadas, são as mesmas. Já sabendo que, de acordo com a 1ª lei de Ohm, quando uma das grandezas elétricas, a tensão, a corrente e a resistência, tem o seu valor alterado, automaticamente as outras também sofrerão modificações. Portanto, como em uma residência os valores da tensão são fixos, sendo de 127 V ou 220 V, e a resistência dos aparelhos também são fixas, o que irá mudar são os valores da corrente, que irá se dividir de acordo com a resistência de cada aparelho. Logo eles também deverão ser capazes de explicar que com as lâmpadas ligadas ao mesmo circuito que o chuveiro, pode ocorrer uma queda de corrente em todas as lâmpadas quando o chuveiro elétrico for ligado, e aí essas lâmpadas enfraquecem seu brilho.

B. ROTEIRO DA ATIVIDADE 3

1. Monte um circuito, associando as lâmpadas em série e dispondo os multímetros para medirem a intensidade da corrente e a queda de tensão nas lâmpadas.

Os alunos deverão montar um circuito associando as lâmpadas em série e dispondo multímetros para medir a intensidade da corrente e a queda de tensão nas lâmpadas, sendo orientados pelo professor embora livres para manusear os objetos.

2. Agora, meça, utilizando os multímetros, a intensidade da corrente e a queda de tensão em torno de cada lâmpada.

Os alunos deverão medir, utilizando os multímetros, a intensidade da corrente em torno de cada lâmpada e a queda de tensão em cada ponto do circuito, sendo este associado em série.

3. Com base nas medições, o que acontece com a tensão e com a intensidade da corrente quando a corrente passa por cada uma das lâmpadas? Há alguma variação na leitura dos amperímetros? E dos voltmímetros? Justifique.

Os alunos deverão perceber que a corrente é a mesma em cada ponto do circuito, logo não haverá variação dos amperímetros, enquanto a tensão varia.

4. Monte novamente um circuito, agora associando as lâmpadas em paralelo e dispondo os multímetros para medirem a intensidade da corrente e a queda de tensão em torno de cada lâmpada.

Agora, os alunos deverão montar um circuito associando as lâmpadas em paralelo e dispondo multímetros para medirem a intensidade da corrente e a queda de tensão nas lâmpadas, sendo orientado pelo professor, porém ficarão livres para manusear os objetos.

5. Meça, utilizando os multímetros, a intensidade da corrente em torno de cada lâmpada e a queda de tensão em cada ponto do circuito.

Os alunos deverão medir, utilizando os multímetros, a intensidade da corrente em torno de cada lâmpada e a queda de tensão em cada ponto do circuito, estando as lâmpadas associadas em paralelo.

6. Com base nas medições, o que acontece com a tensão e com a intensidade da corrente quando a corrente passa por cada uma das lâmpadas? Há alguma variação na leitura dos amperímetros? E dos voltmímetros? Justifique.

Os alunos deverão perceber que a corrente se divide pelo circuito, logo haverá variação dos amperímetros, enquanto a tensão não varia, não tendo também uma variação do voltmímetro.

7. O que se pode concluir acerca das variações de tensão e corrente em torno das lâmpadas a partir das medições realizadas em ambas configurações?

Nesta questão, os alunos deverão ser capazes de perceber que quando as lâmpadas são associadas em série, a corrente em cada ponto do circuito é a mesma enquanto o valor da tensão varia. E quando as lâmpadas são associadas em paralelo a corrente se divide pelo circuito enquanto o valor da tensão se altera.

C. ROTEIRO DA ATIVIDADE 4

1. Monte um circuito, ligando a resistência na fonte e dispondo os multímetros para medirem a intensidade da corrente e a queda de tensão na resistência.

Os alunos deverão montar um circuito com os objetos indicados, sendo orientado pelo professor, porém ficarão livres para manusear os objetos. O circuito esperado é mostrado na figura 3.

2. Varie a voltagem no circuito aferindo, concomitantemente, a intensidade da corrente e a queda de tensão.

Os alunos deverão variar a voltagem na fonte, de um volt em um volt, e assim aferirem utilizando um multímetro a intensidade da corrente para cada voltagem ofertada.

3. Produza uma tabela com esses dados. E em seguida, construa um gráfico corrente versus voltagem. Você pode fazer isso no papel milimetrado ou usando um software como Excel.

Neste momento, os alunos deverão obter um gráfico da corrente pela voltagem para a primeira resistência utilizada. O gráfico pode ser feito com o auxílio de um aplicativo como o Excel ou diretamente no papel milimetrado. O objetivo desta questão é que os alunos percebam que o gráfico corrente versus voltagem, para uma resistência fixa, é uma reta crescente que passa pela origem

4. Repita o experimento para, ao menos, três resistências diferentes.

Nesta questão, os alunos deverão repetir os mesmos passos da questão anterior para cada resistência diferente.

5. Plote os gráficos juntos. Qualitativamente, que diferença existe entre os gráficos?

Ao plotar os gráficos juntos, os alunos deverão perceber que as inclinações dos gráficos são diferentes, embora todos passem pela origem.

6. Com base em seus conhecimentos de geometria analítica e funções afins, que grandeza expressa a inclinação de cada gráfico? Calcule o valor desta grandeza para cada gráfico.

Os alunos deverão relembrar seus conhecimentos de geometria e funções para relacionar a inclinação dos gráficos com os respectivos coeficientes. Em seguida, devem calcular este coeficiente por meio da tangente do ângulo que o gráfico faz com o eixo x .

7. Meça os valores das resistências. Compare com os valores nominais, os valores medidos e os valores obtidos para os coeficientes angulares dos gráficos.

Com a ajuda de um multímetro os alunos deverão medir os valores de cada resistência e compará-los com os valores nominais e com os valores calculados nos a partir dos gráficos. Este procedimento nos permite também, quando apropriado, discutir o conceito de incerteza de medição e cálculo com os alunos uma vez que há diversas fontes de incerteza presentes no processo como um todo. Por exemplo, no cálculo do coeficiente angular, há incertezas intrínsecas que vem das limitações dos multímetros em medir tensão e corrente.

8. Com base nesta comparação, discuta o significado da 1 lei de Ohm. Para ajudar: a resistência é uma função da voltagem? A resistência é uma função da corrente? A resistência é uma função de que?

Nesta questão, os alunos deverão ser capazes de construir a ideia expressa pela 1 lei de Ohm. Mostrando-se capazes de relacionar a resistência com a corrente e a voltagem ($U = i \times r$). Deve ser salientado que a resistência é uma característica do material e que não é função da voltagem e da corrente, pelo menos em princípio, pois não admitimos a dependência da resistência com a temperatura, que certamente aumenta à medida que a corrente aumenta. Contudo, pode ser determinada univocamente quando conhecidos valores da queda de tensão em um resistor e corrente que o atravessa concomitantemente.

D. ROTEIRO DA ATIVIDADE 5

1. A partir dos conhecimentos adquiridos nas atividades anteriores, chegou o momento de construir um esquema sobre o seu entendimento em relação às grandezas físicas presentes nos circuitos elétricos. Monte um mapa conceitual cujo conceito central é circuitos elétricos.

Neste momento, os alunos deverão construir, individualmente, um mapa conceitual com os conceitos de circuitos elétricos. Vale lembrar que os alunos receberão uma instrução prévia sobre mapas conceituais. Se o professor achar conveniente, poderá mostrar um exemplo sobre outro tema a fim de explicar como elaborá-lo. O objetivo dessa atividade é avaliar se o aluno evoluiu na compreensão dos fatores que influenciam no funcionamento dos circuitos. Uma comparação entre o mapa mental e o mapa conceitual poderá ser feita nessa etapa.