

Contribuições de atividades experimentais demonstrativas para aulas de física de uma sequência de ensino sobre potência elétrica e efeito Joule

Contributions of demonstrative experimental activities for physics classes in a teaching learning sequence on electrical power and Joule effect

Tiago Dias Quintão de Almeida¹, Juarez Melgaço Valadares², Orlando Aguiar Jr², Alfonso Chincaro Bernuy^{1,3}, Guilherme Nazareth

¹Rede Municipal de Ensino de Contagem (MG). Escola FUNEC Ressaca. R. Rubi, 850 - São Joaquim, Contagem - MG 32150-340.

²Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais. Avenida Antonio Carlos 6627 - Pampulha, Belo Horizonte - MG 31270-901.

³Rede Estadual de Ensino de MG. Escola IEMG. R. Pernambuco, 47 - Funcionários, Belo Horizonte - MG 30130-150.

*E-mail: orlando@fae.ufmg.br

Recibido el 5 de octubre de 2020 | Aceptado el 17 de noviembre de 2020

Resumo

Neste trabalho, apresentamos e justificamos uso de atividades práticas no contexto de uma sequência de ensino sobre potência elétrica e efeito joule, utilizada em turmas de física de uma escola pública de ensino médio de Belo Horizonte, Brasil. O foco da análise foi o uso de atividades experimentais demonstrativas, destacando as intencionalidades e estratégias enunciativas do professor nas interações com os estudantes, mediadas por fenômenos físicos a interpretar. O referencial teórico-metodológico é lastreado na abordagem sócio-histórico-cultural da cognição humana. As cartas escritas por estudantes ao final da sequência reforçam o potencial de atividades experimentais demonstrativas como recurso eficaz para engajar e ampliar a participação dos estudantes em discussões de conceitos físicos situados em fenômenos e processos a interpretar.

Palavras chave: Atividades experimentais; Interações discursivas; Sequências didáticas; Ensino de energia.

Abstract

In this paper, we present and justify the use of practical activities in the context of a sequence of teaching on electrical power and the joule effect, used in physics classes at a public high school in Belo Horizonte, Brazil. The focus of the analysis was the use of demonstrative experimental activities, highlighting the teacher's intentionalities and enunciative strategies in interactions with students, mediated by physical phenomena to be interpreted. The theoretical-methodological framework is based on the socio-historical-cultural approach to human cognition. The letters written by students at the end of the sequence reinforce the potential of demonstrative experimental activities as an effective resource to engage and expand student participation in discussions of physical concepts located in phenomena and processes to be interpreted.

Key words: Practical activities; Discursive interactions; Teaching learning sequences; Energy teaching.

INTRODUÇÃO

Muito se tem falado sobre a importância do uso de atividades experimentais em sala de aula. Desde a década de 1970, o laboratório didático é considerado um elemento principal a ser considerado nas reformas educacionais para a melhoria no ensino das ciências. Muitas críticas também foram levantadas, no que se refere à aprendizagem dos alunos. Segundo Borges (2002), muitos professores utilizam as aulas de laboratório para a comprovação do modelo teórico previamente estudado, não se destinando tempo para a discussão dos erros e resultados inesperados. Para o autor (2002), o papel do laboratório didático deve ser repensado, substituindo a manipulação de equipamentos para a interpretação de fenômenos, com o propósito de produzir conhecimentos. As atividades práticas devem ser planejadas, levando-se em conta os objetivos pretendidos, os recursos disponíveis e as ideias prévias dos estudantes sobre o assunto. Após a atividade prática, recomenda-se a discussão dos resultados obtidos, bem como as limitações das atividades. (BORGES; 2002, P. 310). Indagamos: as atividades experimentais podem realmente contribuir para aprender mais, e melhor, os conceitos das ciências?

Nesse trabalho analisamos como as atividades experimentais demonstrativas dialogadas possibilitaram uma abertura para uma rica discussão, entre o professor e os alunos do 3º ano do Ensino Médio de uma escola pública, sobre os conceitos e aplicações relacionados à potência elétrica. A análise dessas atividades experimentais sobre potência elétrica se justifica devido à dificuldade que os alunos apresentam para entender conceitos abstratos, tais como voltagem, corrente e resistência elétrica, bem como a relação entre resistência elétrica e potência dissipada. Perguntamos: É possível criar situações experimentais que promovam o envolvimento dos alunos na discussão de aspectos teórico-conceituais em sala de aula, permitindo o aprofundamento do conteúdo das ciências físicas?

Em nossa compreensão, as ciências possuem um poder de encantamento que pode atrair a atenção dos jovens estudantes. O estudante pode até prever um resultado de um experimento, porém quando o dado observado foge das suas previsões gera a busca por respostas, o que desperta o interesse pela explicação. Apesar desse poder sedutor que o uso do experimento carrega consigo, ele continua distante do cotidiano da sala. Mas quais as possíveis modalidades de se trabalhar com a experimentação em sala? Vejamos algumas situações.

Em uma primeira abordagem, o uso da experimentação é pensado como uma ilustração de uma teoria física. Assim, o professor enuncia a Lei do Efeito Joule e a seguir monta um experimento onde um fio se aquece quando percorrido por uma corrente elétrica. O professor não apenas mostra a relação da resistência com o aquecimento como induz os alunos a concluírem a relação entre a corrente elétrica e a potência dissipada.

Uma segunda abordagem refere-se à montagem de um roteiro rígido e bem estruturado que o aluno segue fielmente para chegar aos resultados. Como exemplo, verificar quantitativamente o Efeito Joule. Assim, mais do que observar o aquecimento do fio, os estudantes coletariam os dados de voltagem, corrente e resistência, construiriam um gráfico com os dados encontrados e chegariam enfim à relação matemática envolvida.

A terceira seria uma proposta aberta, em que o professor coloca uma situação/problema que pode fazer aluno ter o interesse em refletir sobre os conceitos físicos. O professor disponibiliza alguns materiais e os alunos encontram um caminho para se chegar às conclusões sobre o que foi colocado. Nesse tipo de trabalho, os alunos encontram uma maior dificuldade, pois terão que tomar algumas decisões sozinhos ou em grupo, com um pequeno auxílio do professor. Assim eles erram, repetem, discutem com os colegas, perguntam ao professor refazem as montagens para se obter os objetivos propostos. Como exemplo o professor pede para que os alunos determinem sozinhos ou em grupo a potência de uma resistência de chuveiro, disponibilizando a eles uma resistência elétrica, um multímetro e uma fonte.

Uma quarta maneira de apresentar uma atividade prática é quando o professor realiza uma atividade de demonstração dialogada. A atividade é centrada no professor, que apresenta os elementos da atividade e vai propondo questões aos alunos, promovendo o intercâmbio em sala. Inicialmente, ele explica o aparato e levanta algumas previsões sobre o que se espera observar com o experimento. Em seguida, realiza os experimentos sobre a situação proposta, discutindo os resultados encontrados. Para finalizar, o professor discute com a turma as previsões realizadas anteriormente, e os resultados encontrados, comparando um com o outro explicando os conceitos e modelos teóricos envolvidos. A pesquisa pretende analisar as atividades experimentais demonstrativas, no ensino do conteúdo de Potência Elétrica, enquadrados por uma sequência didática específica sobre a temática. Acreditamos que esses experimentos favorecem tanto os processos de ensino, pois estabelecem relações entre conceitos importantes quanto ampliam a participação dos alunos nas discussões conceituais, auxiliando nas suas aprendizagens.

II. A COLETA DOS DADOS

A pesquisa consistiu na aplicação da sequência de ensino sobre Potência Elétrica, produzida pela equipe de Física do Projeto PIBID – UFMG,¹ e aplicada pelo professor supervisor do Projeto no IEMG (Instituto de Educação de Minas Gerais), uma escola da Rede Pública Estadual de MG. A sequência de ensino fez parte das ações de Projeto de Pesquisa na Escola, financiado pelo edital 13/2012 da Fapemig tendo sido objeto de dissertação de mestrado profissional do primeiro autor deste trabalho (Almeida, 2016).

O projeto PIBID-UFMG tem como meta favorecer um trabalho cooperativo entre professores do ensino médio com experiência em sala de aula e alunos da licenciatura em física. O grupo conta com a presença do professor de prática de ensino de física da FAE-UFMG, que coordena os trabalhos do grupo. O projeto de pesquisa colaborativa pretende uma proximidade entre o mundo da escola pública, com sua realidade, e o da universidade, com a pesquisa acadêmica. Um dos objetivos desse grupo é elaborar sequências de ensino sobre temas da Física que dinamizem as aulas de física do ensino médio. Após a elaboração, as sequências são aplicadas pelos professores e avaliadas conjuntamente pelo grupo.

Acompanhamos a aplicação da sequência intitulada “Potência elétrica”. Analisamos como a abordagem experimental construída como parte dessa sequência auxiliou no processo de construção, pelos alunos, de sentidos e significados para os conceitos e modelos científicos. Essa sequência apresenta um caráter tecnológico, abordando o uso de equipamentos elétricos comuns em todas as casas, tais como chuveiro elétrico, ferro elétrico e lâmpadas.

O pesquisador estava presente, no ambiente da sala de aula, após a concordância da direção da escola, do professor da turma, e dos alunos, que assinaram os termos de assentimento para a realização da pesquisa. Garantido os princípios éticos, o pesquisador acompanhou a aplicação de toda a sequência, filmando as aulas com duas filmadoras; uma delas situada no fundo da sala – fixa e direcionada ao professor –, e a outra na frente do grupo, móvel e direcionada aos alunos. Durante a realização das atividades em grupo, as filmadoras eram direcionadas para dois grupos de alunos, escolhidos com antecedência. Também foi usado um caderno de campo para anotar as intervenções e interações que o pesquisador julgava importante para completar a coleta de dados, tais como, o comportamento dos alunos, o registro das interações entre os próprios alunos, as impressões sobre a condução das aulas pelo professor e os acontecimentos de destaque em cada aula. As atividades que constam do material didático, respondidos pelos alunos, foram recolhidas, para análise das respostas.

Ao final da oitava atividade pedimos para os alunos escrevessem uma carta, direcionada aos seus colegas que não participaram da aplicação da sequência didática, sobre como foram as aulas nesse período e os principais conceitos trabalhados. A carta tem como objetivo revelar a apropriação do conhecimento pelo aluno de forma mais livre e espontânea. Foram entregues 26 cartas de um total de 27 alunos. No início da análise dos dados fizemos a leitura das cartas e identificamos algumas expressões e palavras que nos permitiram construir, inicialmente, o nosso objeto de pesquisa: aprender com o experimento, proximidade com o cotidiano, e dinâmica das aulas.

A partir das leituras das cartas produzidas pelos alunos, e apoiados na bibliografia sobre o tema, formulamos as seguintes perguntas: (i) como as atividades experimentais, associadas a situações do cotidiano, facilitaram os processos de ensino e aprendizagem dos conceitos envolvidos nas aulas de potência elétrica? (ii) Como o professor aproveitava a participação dos alunos durante as atividades de demonstração para ensinar os conceitos relacionados ao tema?

A. As atividades da sequência

A inserção da sequência didática introduziu mudanças na dinâmica de sala de aula, e que tais mudanças chamaram a atenção dos alunos.

B. Potência mecânica

Analisamos a potência dissipada pelos alunos ao subir alguns degraus de uma escada. O fato de sair de sala e andar pela escola já criou um envolvimento na turma. É um momento que eles irão relacionar as questões discutidas geralmente nos anos anteriores (energia mecânica, as transformações de energia potencial em cinética e vice e versa) dessa forma exploramos as respostas dos alunos, criamos oportunidade para que eles responderem e exploramos as transformações de energia que ocorrem quando subimos uma escada. Na aula seguinte, analisamos a potência nos aparelhos elétricos.

¹O PIBID (Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência) é um projeto da CAPES (agência de fomento ligada ao Ministério da Educação) iniciado em 2008, cujos editais veem permitindo a formação de professores de física em contextos de inovações educacionais em escolas públicas.

www.revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF

C. Potência dos aparelhos elétricos

O objetivo desta atividade era avaliar a concepção prévia dos alunos sobre os conceitos de potência, consumo de energia e voltagem. Na atividade anterior, discutimos a taxa em que realizamos trabalhos, isso é a transformação de energia que ocorre quando subimos uma escada. Nesta atividade, procuramos explorar os aparelhos elétricos que tem seu princípio de funcionamento a transformação de energia elétrica em energia térmica, principalmente.

Acreditamos que o envolvimento dos alunos, com a atividade, vem da proximidade entre o universo vivido pelos alunos fora da escola e os conceitos de física envolvidos no funcionamento de aparelhos elétricos. Assim, exploramos bem esses equipamentos, ligamos na tomada e evidenciamos as transformações de energia que ocorrem em cada um dos aparelhos. Quando não estão acostumados com esta dinâmica de aulas, é comum que os alunos reclamem não saber responder, pois ainda não estudaram nada sobre o assunto. Porém, essa atividade é para discutir os conhecimentos que trazemos do nosso cotidiano e relacioná-los com os conceitos científicos. A intenção é explorar o funcionamento dos equipamentos para que ao longo da sequência os alunos possam explicar seu princípio de funcionamento, além de estimular sua curiosidade em saber sobre o que acontece no interior desses aparelhos.

D. Determinando a potência em aparelhos elétricos

Nesta aula analisamos a relação entre energia, potência elétrica, voltagem, corrente elétrica, em duas lâmpadas de potências diferentes. A proposta de uma sequência de ensino é que as aulas tenham uma relação de continuidade, assim a aula seguinte tem uma relação com a anterior procurando responder algumas indagações feitas e ainda não estão totalmente entendidas.

Assim, o objetivo desta aula era o de evidenciar a diferença entre voltagem e potência elétrica e o que acontece quando uma corrente elétrica passa pelo resistor do aparelho elétrico produzindo o aquecimento. Realizamos a atividade experimental de forma demonstrativa, o professor explica detalhadamente o que está fazendo de maneira a dividir com os alunos a montagem do experimento, de modo que possam compartilhar da montagem e da coleta de dados. Apresentamos os aparelhos (fonte, multímetro, especificações das lâmpadas) e explicamos como eles funcionam. O professor sempre perguntava antes de ligar o circuito e pedia para que os alunos explicassem suas respostas:

- a) O valor da voltagem nas duas lâmpadas será o mesmo? Justifique.
- b) O valor da corrente elétrica nas duas lâmpadas será o mesmo? Justifique.
- c) O brilho (luminosidade), isto é, a transformação de energia, na lâmpada será a mesma? Justifique.

A intenção foi provocar o conflito de modelos explicativos e instigar a curiosidade. Isso favoreceu a participação dos alunos como também direcionava o olhar e a atenção para os conceitos discutidos.

E. 4ª atividade: colocando em prática o que aprendemos

Esta atividade consiste em conjunto de questões relacionados com os conteúdos discutidos. Nas atividades anteriores, discutimos sobre as transformações de energia que acontece desde quando subimos uma escada, como também as que acontecem nos aparelhos elétricos. Organizamos a sala em grupos de quatro ou cinco alunos e explicamos a necessidade de interação entre eles e o professor para a evolução do aprendizado dos conceitos relacionados à potência elétrica. Nesta atividade, os alunos encontraram dificuldade sobre as transformações de energia que ocorrem nas fontes de energia e nos aparelhos. Alguns diziam que os aparelhos elétricos gastam muita energia ou que a pilha ou a bateria do celular gastou toda a sua energia. Nas atividades da sequência, procuramos evidenciar que a energia é transformada em outros tipos de energia. Exploramos as transformações de energia e a lei da conservação da energia, assunto normalmente tratado no contexto da mecânica e estudado em anos anteriores.

F. 5ª atividade: medidor de energia elétrica e a potência dissipada pelos aparelhos elétricos

Nessa atividade analisamos o consumo de energia por aparelhos de potência diferentes utilizando um medidor de energia portátil. Buscando conexão com atividades anteriores, a ideia era buscar a relação entre consumo de energia e potência elétrica de aparelhos. O medidor coloca em evidência a variável tempo de operação do aparelho e a potência elétrica é então novamente conceituada como taxa de conversão de energia.

Levamos para a sala um medidor de energia elétrica, desses encontrados nas casas e comércio, que é um dispositivo eletromecânico ou eletrônico utilizado para determinar o consumo de energia elétrica durante certo período de tempo. Não é difícil montar um medidor de energia portátil. Caso queira comprar, escolha o analógico, pois esse possui o disco que altera a rotação quando aumenta a medição de energia elétrica. Uma solução, encontrada, para

quem não possa montar o seu medidor foi pedir para que os alunos façam essa atividade de observação da mudança do giro do medidor de energia em casa. Dessa forma orientamos os alunos a desligarem o máximo de aparelhos possíveis e ligarem um secador e observarem o giro do medidor. Peçam que faça o mesmo com uma lâmpada.

Acreditamos que o envolvimento dos alunos com a atividade, veio da proximidade entre o universo vivido pelos alunos fora da escola e os conceitos de física envolvidos os aparelhos elétricos. Os alunos traziam relatos de reclamações dos pais sobre o consumo de energia elétrica, quando estão tomando banho ou usando o secador de cabelos, como também sobre o furto de energia, conhecido como “gato”.

G. 6ª atividade: colocando em prática o que aprendemos

Esta atividade consiste em conjunto de questões relacionados com os conteúdos discutidos. Procuramos evidenciar que o consumo de energia depende da potência dos aparelhos como também do tempo de funcionamento. Nas atividades anteriores, discutimos sobre o funcionamento dos medidores de energia e a relação entre potência energia e tempo.

H. 7ª atividade: efeito Joule – investigando a relação entre resistência e potência elétrica

Analisamos a relação entre resistência e potência elétrica. Estudamos até agora, que nos aparelhos elétricos ocorre uma transformação de energia elétrica em outros tipos de energia, como a térmica, cinética, sonora, luminosa e outras. Também estudamos a relação direta entre a potência do aparelho e energia transformada por ele. Nesta atividade analisamos os aparelhos que transformam essa energia elétrica em energia térmica e investigamos a relação entre resistência, corrente e potência elétrica tendo como objetivo entender o funcionamento do chuveiro elétrico. A montagem sugerida consiste em aplicar uma diferença de potencial em um fio de níquel-cromo e analisar a relação entre o comprimento desse fio e a sua incandescência. Na construção do experimento utilizamos uma fonte de notebook (carregador da bateria do computador) e fios de níquel-cromo. Para variar a área do fio utilizamos o fio dobrado para duplicar a área.

I. 8ª atividade: colocando em prática o que aprendemos

Esta atividade consiste em conjunto de questões relacionadas com os conteúdos discutidos. Observamos diferentes comportamentos que podem ser separados em três grupos: em alguns grupos o tempo não foi suficiente para terminar as atividades, pois queriam responder tudo certo e discutiam muito entre eles; em outros grupos, os alunos fizeram a atividade de forma corriqueira, respondendo rápido e sem muito discutir entre eles; já em outros, os alunos responderam as primeiras questões de forma bem elaborada, discutindo entre os participantes do grupo e as últimas resolveram sem discutir e de forma simplificada. Sugerimos mais algumas questões, que estão relacionadas ao cotidiano dos alunos, pois acreditamos que o envolvimento dos alunos está relacionado à proximidade entre as questões discutidas em sala e o dia a dia dos alunos. As questões também apresentam um caráter mais aberto, sem apresentar todos os dados do problema. Ao final das atividades, alguns grupos concluíram que, para secar o cabelo é necessário fornecer, uma certa quantidade de energia; se diminuirmos a potência do aparelho, aparentemente diminuiria o consumo de energia elétrica, porém será necessário ficar mais tempo com o secador ligado para secar o cabelo. Dessa forma essa atitude provavelmente não irá diminuir o valor da conta de energia, mas poderá atrasar o trabalho no salão. Foi possível, ainda, generalizar o conceito e aplicar o que aprenderam sobre efeito joule em outro tipo de aparelho elétrico.

J. 9ª atividade: circuito elétrico residencial

No primeiro ano de aplicação do projeto, utilizamos um texto paradidático sobre choque elétrico e curto circuito. A atividade consistia em leitura e interpretação de texto, seguida de discussões a partir de problemas. Organize a sala em grupos de quatro ou cinco alunos e explique a necessidade de interação entre eles e com você (professor) para a evolução do aprendizado dos conceitos relacionados à potência.

No segundo ano de aplicação da sequência de ensino, substituímos esta atividade por uma outra, de caráter mais investigativo, em que os estudantes deveriam levantar hipóteses e buscar informações sobre escolhas que são feitas em um projeto de eletrificação de uma residência (uso de disjuntores, quadro de circuitos, espessura dos fios, etc.). Na nova versão da sequência de ensino (que reproduzimos em anexo), acrescentamos, ainda, uma leitura sobre potência e eficiência de lâmpadas elétricas (atividade 10).

K. 10ª atividade: um breve estudo sobre diferentes lâmpadas elétricas (incandescentes, fluorescentes e LED)

Esta atividade, desenvolvida no segundo ciclo de aplicação da sequência, foi incluída no caderno de atividades (em anexo). Ela cria uma oportunidade de discutir o conceito de eficiência energética, além de inserir temáticas de consumo de energia e das implicações sociais/ambientais das escolhas que fazemos. Na experiência em sala de aula, fizemos medidas de consumo de diferentes tipos de lâmpadas, comparando sua iluminação e aquecimento. Caso tenha mais tempo, o professor pode explorar um pouco mais sobre os princípios de funcionamento de cada uma destas tecnologias de iluminação.

III. APRESENTANDO OS RESULTADOS

Iniciamos a análise pela leitura das vinte e seis cartas escritas, para saber a opinião dos alunos sobre a utilização de atividades experimentais ao longo da sequência didática. Para tanto, identificamos algumas expressões que permitiram o seu agrupamento nas três categorias organizadas na tabela abaixo.

Tabla I. Categorias de análise identificadas nas cartas dos estudantes.

Categorias	Expressões	Percentual de alunos
<i>Aprender com o experimento</i>	Aprender na teoria e na prática; as aulas práticas foram muito boas; aulas práticas facilitam a aprendizagem.	14 (quatorze) alunos disseram que aprendem melhor nas aulas em que foram realizadas as atividades experimentais.
<i>Proximidade com o cotidiano</i>	Foi interessante analisar a potência dos aparelhos elétricos; a experiência do chuveiro foi a melhor;	19 alunos disseram que o conteúdo fica mais interessante quando se estuda situações próximas do seu cotidiano.
<i>Mudança na dinâmica das aulas</i>	Aulas interessantes; aulas divertidas; coisas interessantes; aulas dinâmicas,	20 alunos disseram que ocorreu uma mudança na dinâmica das aulas;

Os dados contidos na tabela anterior coincidem com as notas de campo do pesquisador, isto é, existem evidências de que as atividades experimentais realmente ampliaram o envolvimento dos alunos e conseqüentemente a aprendizagem.

Mencionamos que uma das vantagens de uma prática dialogada é a possibilidade do aprofundamento das argumentações propostas fazendo o conteúdo se encaminhar em direção ao conhecimento científico. Muitos professores apresentam grande dificuldade em desenvolver interações discursivas com participação efetiva dos estudantes. Colocamos uma delas aqui, para que todos possam compreender as negociações entre alunos e professor em contexto de sala de aula, isto é, como a comunicação vai se ajustando em direção ao conhecimento escolar.

A. Análise da aula: efeito Joule

A análise a seguir refere-se às interações discursivas que ocorreram em sala de aula da sequência de Potência Elétrica. Nesta, o professor utiliza um circuito contendo uma fonte de 12 V e um fio de níquel-cromo de resistência variável. Ao propor uma atividade experimental de demonstração em sala de aula, o professor explicou as suas intenções e o funcionamento do equipamento.

Percebemos que os alunos observaram o equipamento e fizeram suas suposições sobre o que foi apresentado. O Professor iniciou a aula apresentando os materiais que foram utilizados na demonstração, e explicou como funcionaria o circuito. A sequência discursiva a seguir, evidencia a negociação do professor com os alunos, sobre os aspectos teóricos que foram utilizados para explicar o funcionamento do chuveiro elétrico e os fenômenos observados.

B. Segundo episódio: se tem fumaça está esquentando

Tabla II. Transcrições do Segundo Episódio.

Turno	Enunciados
14	Aluno J: cuidado aí! Vai dar uma explosão.
15	Aluna D e E: Não tô sentindo nada.
16	Aluno M: Põe o dedo para ver se isso dá choque! ((<i>outras alunas se aproximam para tentar sentir algo. Alunos que não participavam com perguntas levantam para ver o que estava acontecendo</i>))
17	Professor: O L é grande. Se o L é grande a resistência também é grande. Então a corrente é pequena. Vamos encurtar! Vamos colocar, por exemplo, aqui! ((<i>mostra para a equação desenhada no quadro. Muda a posição onde a voltagem é conectada</i>))
18	Aluno M: Coloca no terceiro pino superior. ((<i>pedindo para diminuir o comprimento. Figura 1</i>))
19	Aluna A: tem que ser o L curto.
20	Professor: não mudou quase nada, aparentemente. Vamos colocar ele aqui. ((<i>muda a posição para diminuir o comprimento do fio</i>))
21	Aluno M: Olha lá o. ((<i>uma aluna levanta e fica próxima do circuito elétrico</i>))
22	Aluno J: Olha o fio tá ficando vermelhinho. ((<i>gira a posição, para que todos possam ver</i>))
23	Professor: Tá vermelhinho?
24	Aluna E: Olha tá ficando vermelho.
25	Alunos: ta. ((<i>vários respondem ao mesmo tempo</i>))
26	Aluno M: Tá vermelhinho!
27	Professor: Tá vermelhinho?
28	Alunos: Ham Ham. ((<i>confirmam</i>))
29	Aluna E: Vocês estão vendo?
30	Aluno M: A tábua não queima não? Professor? ((<i>uma aluna levanta e fica próxima do circuito elétrico</i>))
31	Professor: Não. Apaga a luz que dá pra ver melhor. ((<i>aluno apaga a luz</i>)). Agora vou ligar aqui ((<i>mostrando que vai diminuir ainda mais o comprimento</i>)), olhem que parece que o fio muda de cor né? ((<i>aponta para o fio que os alunos têm que observar</i>))

O professor espera as respostas dos alunos que discutem entre eles sobre a existência ou não de uma fumacinha e um cheiro de queimado. O professor movimentou pela sala com o experimento para que todos pudessem sentir o cheiro de queimado. Alguns alunos se levantam e também de aproximaram do experimento para ver o fio ficando vermelho. Alguns alunos fazem pequenas brincadeiras sobre o experimento, mas o professor não considera as colocações dos mesmos.

C. Terceiro episódio: o efeito Joule

Tabla III. Transcrições do Terceiro Episódio.

Turno	Enunciados
50	Alunos: Nossa! Nossa cara! Muito legal. Continua professor!
51	Professor: É lógico que eu não posso deixar muito tempo senão queima. À medida que eu vou diminuindo o L, A resistência vai o que?
52	Alunos: Diminuir! ((<i>vários alunos falam juntos</i>))
53	Professor: Diminui o L diminui o R. Se tá ficando mais incandescente é porque tá passando mais corrente elétrica ou menos corrente elétrica?
54	Alunos: Mais corrente. ((<i>vários alunos falam juntos</i>))
55	Professor: Então passa mais energia elétrica.
56	Aluna A: Qual a relação?
57	Professor: A relação é essa aqui! $I=V/R$. Diminui o L, diminui o R, se diminui o R aumenta o I. ((<i>escreve no quadro e fala ao mesmo tempo. Aluno M fala junto com ele</i>))
58	Aluno M: São inversamente proporcionais.
59	Professor: Se aumenta o I a potência aumenta ou diminui?
60	Vários alunos falam juntos: aumenta!
61	Professor: A potência aumenta (escreve a equação $P=V.I$ no quadro.) Aumenta o I aumenta a potência. tá sendo dissipado mais potência. Ainda eu não expliquei o que é efeito joule, mas isso aqui tá relacionado com esse fenômeno físico, que recebeu o nome de efeito Joule. Nesse primeiro experimento nós fizemos o que? A variação do comprimento da resistência e verificamos quais fenômenos físicos observados. A análise foi através da incandescência do fio. E o princípio de funcionamento disso aqui? ((<i>o professor pega uma resistência elétrica de chuveiro</i>))

O professor mostra que a incandescência do fio de níquel cromo aumenta com a diminuição do comprimento. Essa observação é importante para entender a relação inversa da resistência elétrica e a potência dissipada. Para tanto, o professor introduz o conceito de energia, turno 55, para discutir a relação entre potência e corrente elétrica. Encerra a discussão estabelecendo relações entre os conceitos envolvidos.

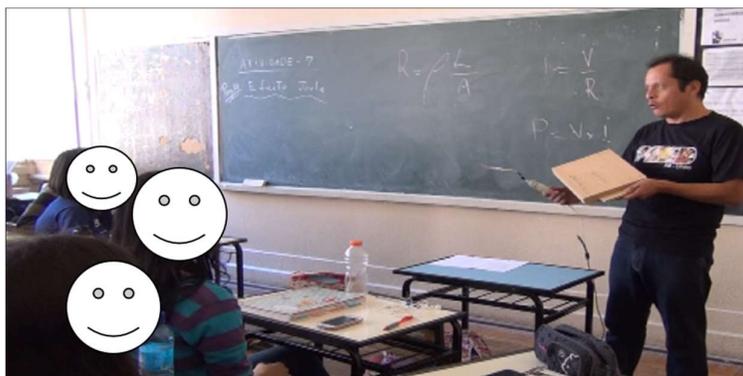


Figura 1. Professor, mostrando a tábua de resistências à turma.

Percebemos aqui a *mediação semiótica tal* como proposta por Gaspar (1998): o meio que torna possível a interação social, incluído nela a própria montagem da demonstração experimental como forma de linguagem – um ícone científico-tecnológico – representado pela própria demonstração. Consideremos também como mediação semiótica a imagem das equações, feitas pelo professor no quadro, e os gestos realizados por ele durante a explicação.

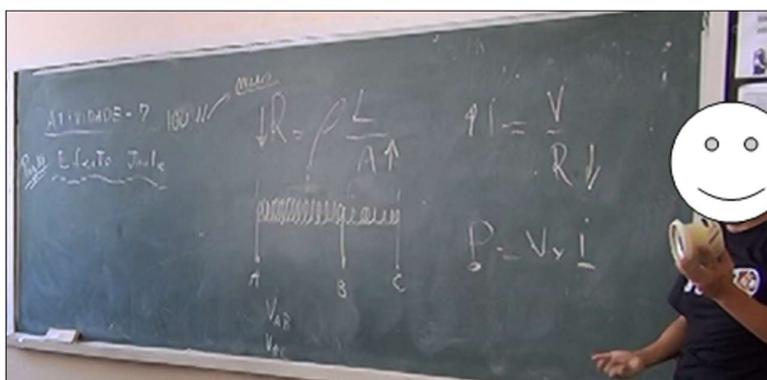


Figura 2. Quadro da sala com as equações relacionadas a potência elétrica.

Ele pede aos alunos que se posicionem e apresentem uma explicação. O professor conduz os estudantes, com novas perguntas para que elaborem melhor as suas explicações em relação ao tema, ao mesmo tempo em que elucida para toda a sala os conceitos ali envolvidos.

Percebemos que as intenções do professor se alteraram ao longo desse episódio. No início, ele criou um problema ao propor o desafio aos estudantes, com o objetivo de engajar os estudantes no desenvolvimento do conteúdo. Em seguida, ele deu oportunidade aos alunos de falarem, e dialogava com eles a partir das ideias científicas envolvidas. Ressaltamos que, ao longo da sequência discursiva, o professor autoriza a ideia de um aluno, ao dar legitimidade à mesma. Ao se apropriar dessa ideia o professor passa a fornecer pistas que conduzem os demais alunos a uma linha de raciocínio que justifica a relação entre a potência e o comprimento da resistência. Entendemos que a *intersubjetividade* é criada apoiada na *mediação semiótica* que o aparato experimental fornece, como na imagem e gestos feito pelo professor.

Neste momento das interações que ocorrem em sala de aula, percebemos a importância da participação dos alunos nas discussões. A aluna A se destaca, pois ela promove intervenções que contribuem para a sistematização das ideias que surgem a partir da participação dos demais alunos, criando novas interações em sala. É o momento que ocorre a articulação das ideias colocadas em discussão provocadas pela mediação semiótica.

IV. CONSIDERAÇÕES SOBRE A SEQUÊNCIA NAS AULAS DE FÍSICA

Este trabalho analisou o uso de atividades experimentais demonstrativas dialogadas para a aprendizagem de conceitos da Física. A pesquisa consistiu em acompanhar a aplicação da sequência de ensino sobre Potência Elétrica, produzida pela equipe de Física do Projeto PIBID – UFMG, e aplicada pelo professor supervisor do Projeto em uma escola estadual da cidade de Belo Horizonte. Acreditamos que o uso de atividades experimentais em uma sequência didática contribuiu para o envolvimento dos alunos com a temática proposta em sala de aula, além de produzir um melhor direcionamento do olhar daqueles para a relação entre os dados observáveis e o modelo científico subjacente.

A. Um olhar sobre o material, os alunos e o professor

A inserção da sequência didática introduziu mudanças na dinâmica de sala de aula, que chamaram a atenção dos alunos. Já na primeira atividade, o fato de sair de sala e andar pela escola já criou um outro clima na turma. Alguns alunos relataram que subir a escada principal da escola correndo foi algo que eles nunca imaginariam fazer em uma aula de física, e que essa atividade foi uma das mais interessantes que eles participaram.

Diferentemente de apresentar uma lista de objetivos específicos, em cada atividade que fazia o professor mostrava que possuía um planejamento para toda a sequência, isto é, que tinha uma intencionalidade educativa explícita, que era passada aos alunos em cada momento. Sempre apresentava as suas intenções em cada atividade proposta (“Vamos analisar as relações entre a resistência e o aquecimento do fio”), e ao fazê-lo o professor convidava os alunos a participarem das atividades e a fazerem parte da mesma, fazendo perguntas constantes sobre as mudanças que iam ocorrendo no experimento (“Por que o fio fica vermelho?”). Essas atitudes são importantes, pois explica a função do experimento e a importância da participação dos alunos, uma vez que é partir das discussões com os estudantes sobre os dados observáveis e a introdução de alguns conceitos sobre o tema que o experimento acontece.

Para Gaspar (1998), quando o professor descreve o equipamento, ele mostra quais são seus aspectos relevantes e, principalmente, direciona o olhar sobre os dados empíricos, ou seja, sobre o que se deve observar durante a demonstração. Esse convite favorece, em nossa interpretação, a criação de um ambiente de proximidade entre o professor e os alunos. Dessa forma, alunos e professor podem definir uma situação inicial, e observarem as mesmas coisas e buscar as mesmas respostas e explicações.

Acreditamos que as atividades experimentais demonstrativas ganharam um novo significado para os alunos uma vez que estavam enquadradas pela intencionalidade educativa contida na formatação da sequência didática proposta sobre *Potência Elétrica*. Mais do que atividades propostas na parte final dos capítulos, ou como sugestões para o trabalho docente, às quais os professores aderem ou não, aqui nos deparamos com uma alternância entre desenvolvimento conceitual, as atividades experimentais de demonstração e a resolução de exercícios relacionados ao tema.

Conforme percebido, essa sequência apresentou um caráter tecnológico, abordando o uso de equipamentos elétricos comuns em todas as casas, como chuveiro elétrico, ferro elétrico e lâmpadas. Acreditamos que essa proximidade com o cotidiano contribuiu para aumentar o interesse dos alunos pelos temas estudados.

Outro fator que contribuiu para o envolvimento dos alunos com as atividades foi a proposta de trabalho em grupos. Essa mudança nas aulas provocou uma mudança no comportamento dos alunos. Eles se envolveram com a atividade, organizando os grupos e querendo responder as questões de forma correta, pois solicitavam o professor várias vezes perguntando se estava certo o raciocínio que eles tinham desenvolvido. As intervenções do professor consistiam em devolver as perguntas propostas, trazer novas informações e assim alimentar o debate e a discussão nos grupos.

Podemos afirmar que, a partir da quarta aula, o professor estabeleceu uma relação de confiança com a turma. Ele consegue sustentar as discussões em sala, e passa a ser um mediador entre os alunos e os conteúdos trabalhados. O professor, por sua vez, torna-se disponível para escutar o que ocorre em sala. Quando percebia dispersões de alguns alunos na sala, ele introduzia rapidamente uma questão desafiadora. Como exemplo na aula do medidor de energia o professor sugeriu o seguinte desafio: “Seria possível determinar a potência de um aparelho elétrico utilizando o medidor de energia?” Isso desperta a atenção da turma e após pensar um pouco, o Aluno J, sugere um caminho para a resposta. O professor explica o raciocínio do aluno para a turma e aproveitando do envolvimento dos alunos ele explica que irá fazer uma atividade que é ligar uma lâmpada e um secador e analisar o giro do medidor de energia. Em outra situação o professor reconhece a dificuldade dos alunos em se apropriarem da relação entre espessura de um filamento e a energia dissipada; com muita paciência, apresenta o caminho explicativo para conduzir os alunos à compreensão da resposta por várias vezes. Ele escreveu as equações $I=V/R$, $R= \rho L/A$ e $P=VI$ e foi analisando e discutindo com os alunos cada uma das variáveis.

Encontramos, sobretudo, professor e alunos motivados diante de um material com aparente potencial educativo. A mudança na dinâmica das aulas foi evidente em vários momentos da pesquisa: na carta escrita pelos alunos, nas entrevistas realizadas com os alunos e com o professor, no diário de campo do pesquisador e nas filmagens das aulas.

Em todos encontramos um maior envolvimento dos alunos durante as aulas. Afirmamos que os alunos foram seduzidos pela proposta apresentada, e apoiados na confiança depositada no professor de que aprenderiam mais se realizassem aquela sequência.

B. Uso das atividades experimentais

A abordagem experimental, segundo os nossos dados, auxiliou o professor na construção de sentidos e significados, dos conceitos e modelos científicos.

Em nosso entendimento, atividade experimental foi um recurso didático que possibilitou a visualização de situações abstratas, tais como: um fio ficando vermelho com a passagem de uma corrente elétrica, da água fervendo ao redor de um resistor de chuveiro e o aumento do giro do medidor de energia ao ligar um aparelho de maior potência a rede elétrica.

Podemos dizer que o experimento tal como vivido foi uma verdadeira experiência de aprendizagem, uma vez que não aconteceu uma ruptura entre a explicação teórica e os dados empíricos, isto é, a atividade experimental demonstrativa entra na sala de aula como uma extensão do quadro. Entendemos também, que nessa sequência analisada, o experimento pode ser considerado uma linguagem que favoreceu a discussão entre, o professor e o aluno, quando indicava a dúvida do aluno ou auxiliava a explicação do professor. Destacamos alguns exemplos de episódios em que o experimento e as ações do professor contribuíram para promover a aprendizagem dos conceitos:

- A mudança da velocidade do giro de um medidor da Cemig ao ligar equipamentos com potências diferentes, despertando o interesse por lidar com situações do cotidiano, assim como perceberam que o tempo influencia no consumo de energia elétrica.
- Quando o professor utiliza as evidências experimentais, como a vermelhidão do fio, para explicar relação inversa entre a resistência elétrica, a maior passagem de corrente elétrica e conseqüentemente maior potência dissipada.
- Na atividade em que é possível ver a água fervendo ao redor do resistor de chuveiro facilita a explicação do professor, pois os dados experimentais dão sentido aos conceitos e as relações matemáticas.
- Relaciona os dados experimentais ao modelo teórico. Na aula de efeito Joule, o professor escreve no quadro as equações, $P = V \cdot I$ e $I = V/R$ e $R = \rho L/A$ e explica a incandescência do fio acreditando nessas equações e relacionado os dados observáveis com as mesmas para explicar a relação inversa entre a resistência e potência.

As atividades experimentais foram vividas como um intenso motivador de discussões entre professor e alunos sobre os conceitos envolvidos. Através do levantamento das ideias dos alunos e do debate, o professor foi, a cada momento das aulas, explicando as dúvidas dos alunos, procurando preencher as lacunas e explicar as dúvidas dos alunos relativamente aos conceitos envolvidos. Em síntese, trata-se de fazer com que termos como resistência, corrente elétrica, voltagem, potência, em conjunto com variado número de habilidades e destrezas necessárias para suas determinações, fizessem sentido no contexto em que surgiam. Portanto, temos a impressão de um esforço para ajustar, articular ou tornar coerente um corpo teórico, com a parte fenomenológica do paradigma.

C. Motivação do professor

Um aspecto importante percebido na análise das aulas foi a atuação do professor ao longo do trabalho desenvolvido. Em primeiro, o convite feito pelo professor aos alunos, para que esses participassem das aulas, de forma que o experimento estivesse no centro da discussão. Tal convite significa inserir os alunos em um ambiente rico em situações que estimulam o aprendizado.

Em segundo, a disponibilidade para escutar os alunos e sustentar a discussão ao longo das atividades da sequência. Percebemos a disposição do professor em explicar o que estava fazendo com calma e detalhadamente, de forma a compartilhar a atividade experimental com todos os alunos. Além disso, o professor reconhece quando os alunos apresentam dificuldades na compreensão dos conceitos, procurando formas diversas de sanar essas dúvidas. Essas atitudes contribuem para a aproximação entre a demonstração e o aluno, dando a sensação de um pano de fundo comum a toda a sala de aula.

Uma das situações marcante refere-se à identificação do professor com a sequência de ensino aplicada. Inferimos que o seu envolvimento com o conteúdo desenvolvido contagiou os alunos que também se sentiram motivados no trabalho.

Esse envolvimento dos alunos com as atividades experimentais foi muito evidente nos dados coletados. Os experimentos despertaram a atenção e o interesse pelo tema estudado tirando os alunos da apatia estimulando a interação entre alunos e professor com perguntas e respostas. Percebemos também uma mudança na postura da sala, os alunos se movimentaram de forma a se posicionar para ver as evidências empíricas das atividades experimentais. Eles fizeram

perguntas pertinentes sobre o que estava acontecendo. Direcionaram o olhar a tento para o professor quando estava manipulando os experimentos. Tiveram interesse e vontade de responder as questões levantadas. Interagiram entre os colegas sobre o que estava sendo discutido e contribuíram com exemplos de situações do cotidiano.

Neste trabalho analisamos as atitudes do professor para manter os alunos envolvidos com uma atividade experimental demonstrativa. Para Laburu (2006), o professor pode se valer de experimentos cativantes para direcionar o olhar dos estudantes para o que se deseja observar, e aproveitar desse envolvimento para discutir e apresentar os modelos e conceitos a eles relacionados. A atividade pode ser considerada cativante por aspectos aparentes e surpreendentes, tais como a incandescência e cor do fio, a expectativa dos alunos em relação a um possível choque ou algo pegar fogo, como também a sua proximidade com o cotidiano dos alunos fora da escola. As ações do professor consistem em conduzir esse interesse inicial para um engajamento em termos da construção de uma explicação causal para os fenômenos observados. Nesse sentido, vemos um deslocamento dos conteúdos do discurso, inicialmente voltados para um compartilhamento de observáveis e então deslocados para os conceitos de voltagem, corrente elétrica, resistência e potência.

AGRADECIMENTOS

À Fapemig que, através de Edital Pesquisa na Educação Básica (12/2013), financiou este projeto, incluindo bolsa de pesquisa para o primeiro autor deste relato. À CAPES, pelo financiamento das ações do PIBID-UFMG. A toda a equipe do PIBID-Física UFMG, pelos debates, comentários e incentivo. À coordenação do Programa de Mestrado Profissional da UFMG.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

Tiago Almeida é professor de física da Rede Municipal de Ensino de Contagem (MG). Na ocasião da pesquisa, era bolsista do Projeto Fapemig e aluno de Mestrado Profissional em Docência na Educação Básica pela UFMG. A pesquisa aqui relatada é parte de sua dissertação de mestrado, orientada pelos Professores Juarez Melgaço e Orlando Aguiar Jr. Este último era, ainda, coordenador do Projeto PIBID e do projeto de desenvolvimento de sequências de ensino informadas pela pesquisa, financiado pela Fapemig. Alfonso C. Bernuy é professor de física das Redes Municipal de Contagem (MG) e Estadual de MG. Era, na ocasião da pesquisa, supervisor do projeto PIBID e regente da turma na qual a implementação da sequência de ensino foi investigada. Guilherme Nazareth era bolsista PIBID e contribuiu, sobretudo, para a montagem de equipamentos utilizados nas atividades experimentais do projeto.

REFERENCIAS

Aguiar Jr, O. (org.) (2018). *Sequências de Ensino de Física orientadas pela pesquisa: experiências do Promestre e PIBID UFMG*. Belo Horizonte: Fapemig.

Aguiar Jr, O. (1998). O papel do construtivismo na pesquisa em ensino de ciências. *Investigações em ensino de ciências*, 3(2), 107-120.

Aguiar Jr, O., Mortimer, E. F. (2005). Tomada de consciência de conflitos: análise da atividade Discursiva em uma Aula de Ciências. *Investigações em Ensino de Ciências*, 10(2), 01-32.

Almeida, T. D. Q. (2016). Contribuições do uso de atividades experimentais demonstrativas para as aulas de Física de uma sequência de potência elétrica. Dissertação, Mestrado Profissional Educação e Docência. Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais.

Araújo, M. S. T., Abib, M. L. (2003). Atividades experimentais no ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 25(2), 176-194.

Arruda, S. M. (2001). Entre a inércia e a busca. Reflexões sobre a formação em serviço de professores de Física do ensino médio. Tese de Doutorado. Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo.

Arruda, S. M., Silva M. R., Laburú, C. E (2001). Laboratório didático de física a partir de uma perspectiva kuhniana. *Investigações em Ensino de Ciências*, 6(1), 1-9.

Axt, R. (1991). O papel da experimentação no ensino de ciências. In: M. A. Moreira & R. Axt, *Tópicos em ensino de Ciências*. Sagra.

Borges, A. T. (2002). Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 19(3), 291-313.

Carvalho, A. M. P. (2013) (org). *Ensino de ciências por investigação: Condições para a implementação em sala de aula*. São Paulo: Cengage Learning.

Meseguer J.M., Mas, J. (1994). Experiências de cátedra em las clases de física de primer curso de escuelas técnicas. *Enseñanza de las ciencias*, 12(3), 381-391.

Figuroa, D., Gutiérrez, G., Andrés, Z., Maite, M. (1994). Demonstraciones de física: Para qué? *Enseñanza de las ciencias*, 12(3), 443-446.

Gaspar, A. (1993). Museus e Centros de Ciências - Conceituação e proposta de um referencial teórico. Tese de Doutorado. Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo.

Gaspar, A., Monteiro, I. C. (2005). Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula: uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky. *Investigações em Ensino de Ciências*, 10(2), 227-254.

Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), 299-313.

Howe, A. C. (1996). Development of science concepts within a vygotskian framework. *Science Education*, 80(1), 35-51.

Laburu, C. E. (2005) Seleção de experimentos de física no ensino médio: uma investigação a partir da fala de professores. *Investigações em Ensino de Ciências*, 10(2), 161-178.

Laburu, C. E., Arruda, S. M., Nardi, R. (2003). Por um pluralismo metodológico para o ensino de ciências. *Ciência & Educação*, 9(2), 247-260.

Laburu, C.E. (2006). Fundamentos para um experimento cativante. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 23(3), 382-404.

Pena, F. L. A., & Ribeiro Filho, A. (2009). Obstáculos para o uso da experimentação no ensino de Física: um estudo a partir de relatos de experiências pedagógicas brasileiras publicados em periódicos nacionais da área (1971-2006). *Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências*, 9(1). Recuperado de <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4008>

Sá, E. F. (2003). Os Propósitos de Atividades Práticas na visão dos Alunos e Professores. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, 2003.

Sandoval, J. S. & Cudmani, L. C. (1992). Los laboratorios de física de ciclos básicos universitarios instrumentados como procesos colectivos de investigación dirigida. *Revista de Enseñanza a de la Física*, 5(2), 10-17.

Wertsch, J. V. (1984). The zone of proximal development: Some conceptual Issues. In: Rogoff, B. e Wertsch, J. V. (eds). *Children's learning in the "Zone of Proximal Development"- New Directions to Child development*. Jossey-Bass Incorporated Pub.