



Tecnologia para o ensino de eletrodinâmica para o aluno cego



.....

Marcos Michel de Souza

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

E-mail: marcosmichel@ursa.ifsc.
usp.br

Maria da Piedade Resende da Costa

Departamento de Educação Especial,
Universidade Federal de São Carlos,
São Carlos, SP, Brasil

E-mail: piedade@ufscar.br

Nelson Studart

Departamento de Física, Universidade
Federal de São Carlos, São Carlos, SP,
Brasil

E-mail: studart@df.ufscar.br

.....

O presente artigo relata a realização de um trabalho envolvendo uma tecnologia para o ensino da eletrodinâmica para o aluno cego.

Sem dúvida alguma a eletrodinâmica é de suma importância em nossa vida cotidiana, e seu conhecimento se mostra indispensável para qualquer cidadão que queira estar inserido em nossa sociedade tão cheia de novas tecnologias, que a todo o momento evoluem obrigando o ensino a evoluir também.

Fenômenos e tecnologias envolvendo a eletrodinâmica se mostram presentes em todas as casas das mais variadas classes sociais e contextos culturais. Podemos citar como exemplo os aparelhos eletroeletrônicos, as lâmpadas incandescentes, os televisores, os computadores, os fornos de microondas, e tantos outros mais.

O objeto de estudo da eletrodinâmica são as cargas elétricas em movimento, e é através da eletrodinâmica que podemos explicar o funcionamento dos circuitos e dos componentes elétricos, tais como resistores, capacitores, pilhas e baterias, entre outros [1].

Conceitos e termos da eletrodinâmica fazem parte do senso comum e estão presentes no vocabulário de todos. Quem nunca emendou fios, observou os pólos da bateria, ou não prestou atenção na voltagem de sua residência? É função do professor fazer a transposição desse conhecimento do senso comum para um conhecimento científico.

Mesmo com sua enorme importância no mundo moderno e a relevância do seu conhecimento para a inserção na sociedade atual cheia de tecnologias cada vez mais avançadas, a eletrodinâmica tem seu conteúdo bastante abstrato, o que dificulta o ensino e o aprendizado, em especial, do

aluno cego. Os professores, por sua vez, juntamente com os livros didáticos do ensino médio, têm restringido o acesso desta população escolar a estes conteúdos, já que, quase sempre, em sua apresentação fazem uso de recursos visuais. Muitas vezes ocorre algo ainda mais complicador: os professores estão mais preocupados com os cálculos matemáticos do que com os conceitos físicos envolvidos e sua aplicação na vida cotidiana dos alunos.

Outra situação igualmente agravante que a vivência nos tem mostrado ocorrer

com frequência, não somente com o aluno cego, mas também com o aluno vidente, é o aluno meramente reprodutor de forma mecânica dos conteúdos. Trata-se de um aluno que somente

O objeto de estudo da eletrodinâmica são as cargas elétricas em movimento, e é através da eletrodinâmica que podemos explicar o funcionamento dos circuitos e dos componentes elétricos

reproduz nas avaliações conceitos e fórmulas ditas em aula pelo professor, sem de fato ter entendido esses conteúdos. Acreditamos que, por um lado, o aluno é o menos culpado por esta situação. Por outro lado, o ambiente escolar, em geral, desfavorece o aprendizado com aulas que não priorizam uma educação voltada à vida cotidiana.

Pode ser citado como exemplo o fato de que alunos, ao final do ensino médio, conseguem, quando muito, lembrar-se de cálculos envolvidos na solução de um problema envolvendo um circuito simples com resistência, mas não se lembram de uso de componentes resistivos, como em lâmpadas incandescentes e chuveiros. Aproximar a ciência da vida cotidiana torna a aprendizagem significativa para o aluno e estimula a sua aprendizagem. Uma aula de resistência elétrica torna-se muito mais motivadora se o professor abordar, por exemplo, sua utilização em instrumentos de um salão de beleza, tais como toucas térmicas e "chapinhas" de alisamento

A eletrodinâmica é de suma importância para sociedade atual e seu estudo pode ajudar a inserir estudantes cegos nela. O objetivo deste estudo é analisar a eficácia de um material instrucional criado especificamente para o ensino de eletrodinâmica para deficientes visuais. O material foi aplicado em um estudante de ensino médio cego, aluno de uma escola pública. Os fenômenos e conceitos físicos envolvidos foram divididos em três sessões de aprendizagens. O material instrucional produzido mostrou-se eficaz na compreensão dos conceitos básicos bem como das leis de um circuito elétrico simples.

capilar.

A descrição desta situação não atende o que prescreve os Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN+ [2]. Isto nos leva a inferir que o professor provavelmente necessite de uma revisão na sua formação [3, 4].

Esta preocupante situação nos levou a pensar neste estudo. Necessitávamos criar um material instrucional capaz de proporcionar o ensino de eletrodinâmica em uma sala de aula inclusiva, ou seja, um mesmo material que desse suporte ao ensino de alunos cegos e alunos videntes. Para isso, julgamos prioritário provar sua eficácia na aprendizagem dos conceitos básicos da eletrodinâmica e sua importância no cotidiano por parte dos alunos que não vêem.

Ao tratar o ensino de física para deficientes visuais, Camargo [5] afirma que: “é preciso criar ou adaptar equipamentos que emitam sons ou possam ser tocados e manipulados. Isto é necessário para que o aluno consiga observar o fenômeno físico a ser estudado. Em segundo lugar, o professor deve evitar o uso de gestos, figuras e fórmulas que somente podem ser vistos. Isso significa que o professor deve usar materiais de apoio em Braille, gráficos em relevo, calculadora falante e, quando preciso, tocar nas mãos dos alunos para apresentar-lhes alguma explicação”.

Iniciamos por fazer algumas considerações e observações sobre a deficiência visual, sobre a escola inclusiva, bem como o ambiente onde se deu o procedimento e também seu público alvo.

Deficiência visual e ensino de física

Deficientes visuais congênitos, ou seja, os cegos, são pessoas com deficiência visual desde seu nascimento, e com perda total de visão. O MEC definiu no documento *Proposta Curricular para Deficientes Visuais* a cegueira como “ausência total de visão ou acuidade visual não exce-

dente a 6/60 pelos optótipos de Snellen (0,1 [fileiras de letras ou figuras com tamanhos cada vez menores] no melhor olho após a melhor correção óptica e campo visual igual ou menor a 20 graus no maior meridiano do melhor olho” [6, p. 15]. Para Rocha [7], a cegueira, ou simplesmente a amaurose, pressupõe completa perda de visão. A visão é nula, isto é, nem a percepção luminosa está aparente”. Como o procedimento de ensino relatado no presente trabalho foi aplicado em um cego, supomos que se esse fosse capaz de utilizar com

sucesso o material, um deficiente com visão subnormal também poderia fazer uso do mesmo sem maiores dificuldades. É evidente que pequenas adaptações devem ser feitas, como um bom contraste de cor, ao se lidar com alunos com baixa visão.

Outra consideração importante a ser feita é sobre a desvinculação existente entre a cegueira e a capacidade intelectual do indivíduo. Devemos ressaltar o fato de que a inteligência do portador de deficiência visual não é afetada pela perda de visão, salvo os casos raros em que há uma associação genética entre a cegueira e a subnormalidade intelectual (doença de Sach) [8]. Ainda sobre a inteligência do deficiente visual, Telford e Sawrey [8] afirmam que “à medida que a cegueira é geneticamente independente da mentalidade defeituosa ou de uma lesão cerebral, a capacidade intelectual

básica do cego é comparável a de toda população em geral”. A partir desse dado, o que esperar do desempenho acadêmico desses alunos, em particular, na disciplina física? Neves *et al.* [9] mostraram que as concepções alternativas sobre conceitos físicos apresentam padrões de respostas análogos àqueles de pessoas que não sofrem de deficiência visual. Camargo [10] tem desenvolvido pesquisas importantes sobre o ensino de física e a deficiência visual constituindo-se em importante marco no estudo desta área no Brasil.

Acreditamos que a falta de artefatos didáticos (materiais instrucionais facilitadores do aprendizado) e maior

investimento na formação do professor para lidar com alunos deficientes visuais são aspectos relevantes na avaliação do desempenho acadêmico do aluno deficiente visual comparado ao aluno

vidente.

Contexto no qual o procedimento foi desenvolvido

O local escolhido foi uma escola estadual em um município do interior do estado de São Paulo. A escola mantém uma sala de recursos para deficientes visuais, outrora chamada de “sala especial”. Trata-se de uma sala de aula inclusiva, onde os alunos com deficiência visual assistem às aulas juntamente com os demais alunos, e o professor “tem que saber” lidar tanto com

alunos videntes como com alunos cegos. Muitas vezes não é possível ao professor dedicar uma maior atenção aos deficientes visuais, e a falta de tempo para preparar as aulas faz com que utilize somente a lousa como recurso didático. Nessa escola os alunos com deficiência visual freqüentavam as aulas em uma classe regular no período da manhã. No período da tarde, no entanto, os alunos deficientes visuais freqüentavam a sala de recursos, onde tinham à sua disposição materiais e equipamentos específicos e facilitadores da aprendizagem. A sala conta com máquina de datilografia do

sistema Braille, Soroban (espécie de ábaco usado por orientais para fazer cálculos, construído para o deficiente visual, podendo até mesmo substituir uma calculadora), sistematizador de voz, e lupa eletrônica, entre outros. Frequentemente durante o pe-

ríodo da tarde anotavam o conteúdo abordado na aula no período da manhã e que os alunos videntes haviam copiado diretamente da lousa. A Secretaria Estadual da Educação mantém somente uma pedagogia especializada em deficiência visual na sala de recursos. Não há professores de disciplinas específicas como física, química, português, geografia para atender os deficientes visuais. Para atenuar tal situação a escola contou com o apoio de bolsistas de uma Universidade pública existente no município que, no período da tarde, eram tutores desses alunos na sala de recursos.

Foi nessa sala de recursos que desenvolvemos o presente estudo. Escolhemos essa sala por ser um ambiente propício para o ensino e pela familiaridade do aluno com esse ambiente (o aluno que participou da experimentação freqüentava a referida escola há dez anos, ou seja, desde a primeira série).

Neste trabalho descrevemos um material instrucional de apoio para o ensino dos conceitos básicos de eletrodinâmica para alunos com deficiência visual, assim como a utilização desse material e a avaliação de sua eficácia.

Material instrucional

Foram desenvolvidos aparatos para uso em três sessões de ensino-aprendizagem na sala de recursos para um aluno cego conforme descrito a seguir.

(a) Primeira sessão

Simulação da atração e a repulsão entre

Acreditamos que a falta de aparatos didáticos e maior investimento na formação do professor para lidar com alunos deficientes visuais são as principais variáveis responsáveis para o desempenho acadêmico do aluno deficiente visual não ser igual ao do aluno vidente

Devemos afirmar a desvinculação entre a cegueira e a capacidade intelectual do indivíduo; a inteligência do portador de deficiência visual não é afetada pela perda de visão

as cargas: para a confecção deste material foram utilizadas placas de material emborrachado (EVA), (medindo 0,5 cm de espessura) e esferas de isopor de 3,5 cm de diâmetro. As esferas de isopor foram colocadas no centro de um quadrado feito de EVA medindo 6,5 cm x 6,5 cm. Em outro quadrado de EVA, de mesmas dimensões, um círculo de 3,5 cm foi introduzido no seu centro. Este material serviu para ilustrar a repulsão de cargas iguais e a atração de cargas diferentes através da analogia com as formas geométricas dos objetos. Assim como as cargas, as peças iguais não se encaixavam, enquanto que as peças diferentes se encaixavam perfeitamente (ver Fig. 1).

Representação de um sólido condutor: foram utilizadas 12 esferas de isopor medindo 3,5 cm de diâmetro, e 20 palitos de madeira com 10 cm de comprimento e esferas metálicas de 1 cm de diâmetro. As esferas de isopor foram transpassadas pelos palitos e arranjadas de modo a formar dois cubos compartilhando uma mesma face, ou seja, unidos por um dos lados. Este material serviu para mostrar a rede cristalina de um sólido condutor onde os elétrons livres eram representados pelas esferas metálicas que eram seguradas pelo aluno deficiente visual enquanto este mantinha as mãos dentro do cubo.

(b) Segunda sessão

Ilustração para o ensino dos conceitos de corrente elétrica, potencial elétrico e resistência: na confecção do material foram utilizadas placas de material emborrachado (EVA), (medindo 0,5 cm de espessura), esferas metálicas de 0,5 cm de diâmetro, e pedaços de feltro de 3 cm x 5 cm (valores aproximados). Foram cortadas duas placas de EVA medindo 13 cm x 29,5 cm. Numa delas foi feita uma canaleta de 1 cm de largura na forma de um retângulo com os cantos arredondados deixando 3 cm de margem. Em um dos lados maiores do retângulo formado pela "canaleta" foi



Figura 1 - Material utilizado para imitar a atração e a repulsão entre as cargas e para representar símbolos de circuitos reais com fio, resistência e bateria.

colado um pedaço de feltro e no outro lado maior foram construídas duas barreiras, isto é, saliências de alturas diferentes (3,5 e 5 cm respectivamente) feitas também de EVA. Entre as duas saliências foi colocado um pedaço de feltro de aproximadamente 3 cm x 2 cm. Sobre esta canaleta foram colocadas as esferas metálicas. Essas esferas identificam, para o aluno cego, os elétrons livres de um condutor e a canaleta representa o fio condutor. A resistência elétrica é simbolizada pelo pedaço de feltro que alegoricamente dificulta a passagem dos elétrons. A dupla barreira representa a diferença de potencial produzida pela bateria, sendo que uma saliência simboliza o cátodo e a outra, o ânodo. O pedaço de feltro entre as saliências representa a resistência interna da bateria (ver Fig. 2).

Representação gráfica do vidente para um circuito elétrico: um retângulo de papelão (medindo 32 cm x 20 cm), barbante e palitos. O barbante foi colado no papelão de modo a ficar idêntico ao retângulo formado pela canaleta do material citado acima. Os palitos foram dispostos no local correspondente à bateria e à resistência e arranjados de modo a ficar idênticos aos símbolos gráficos que representam a bateria e a resistência. Esta parte foi essencial para a aprendizagem, pois o aluno cego pôde entrar em contato com os símbolos utilizados pelos videntes graças ao alto relevo produzido pelo barbante e pelos palitos (ver topo da Fig. 1).

(c) Terceira sessão

Ilustração de resistências em série e em paralelo: foram utilizadas novamente placas de material emborrachado (EVA). Foi feito o mesmo sistema de "canaletas" utilizado anteriormente, desta vez em uma placa com 30 cm x 30 cm, utilizando o mesmo material que representava a bateria e colando pedaços de feltro para representar duas resistências em série e duas resistências em paralelo (ver Figs. 3 e 4). Através deste material foi explicado o que ocorre com a intensidade da corrente e a voltagem em



Figura 2 - Material utilizado para ensinar os conceitos de corrente elétrica, potencial elétrico e resistência.

um circuito com resistências em série e em paralelo.

Experimentos reais com alunos cegos: material composto de uma placa de madeira (medindo 30 cm x 30 cm), duas resistências de 970 Ω e 100 Ω , um suporte para quatro pilhas do tipo AA, conectores, e duas chaves simples, e um alarme sonoro que variava a intensidade do som de acordo com a voltagem por ele sentida (ver Fig. 5).

Pode-se notar pela descrição do material usado que houve sempre uma grande preocupação em se desenvolver um material de baixo custo e fácil confecção para que qualquer professor pudesse



Figura 3 - Material utilizado para ensinar conceitos de resistência em série e em paralelo.



Figura 4 - Material utilizado para ensinar os conceitos de corrente elétrica, potencial elétrico e resistências em série e em paralelo.

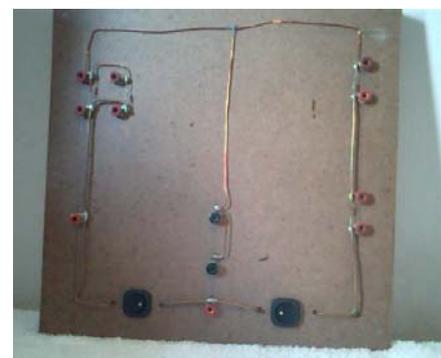


Figura 5 - Material instrucional utilizado para realizar experimentos reais com alunos cegos.

reproduzi-los sem maiores dificuldades. Optamos por materiais alternativos como materiais emborrachados tipo EVA, esferas metálicas (popularmente conhecidas como “bolinhas de rolimã”), fio condutor de cobre, isopor, pilhas, pedaços de feltro, etc. O objetivo foi sempre encontrar materiais com nuances de texturas atrativas ao aluno cego com o menor custo possível. O feltro, isopor e as placas de EVA se mostraram muito eficazes. Materiais como madeira se mostraram de difícil manejo e custo um pouco mais elevado.

Procedimento

Participante: um aluno do ensino médio com perda total ou congênita da visão.

Local: o experimento foi realizado na sala de recursos para deficientes visuais de uma escola estadual de um município do interior do estado de São Paulo.

Situação: o experimento educacional teve a relação de um para um, o experimentador e participante, ou seja, professor/aluno.

O tema Eletrodinâmica foi discutido em três sessões de ensino-aprendizagem. Na primeira, o conceito de carga e os efeitos de atração e repulsão entre elas foram introduzidos. Na segunda, os temas abordados foram as cargas elétricas em movimento (corrente elétrica), resistência, e potencial elétrico com simulação de experiências de eletricidade. Na terceira sessão, foi realizada a parte prática, onde o aluno cego entrou em contato com um experimento real de eletricidade através do circuito montado com sinais sonoros que variavam a intensidade do som de acordo com a voltagem. Foi nesta sessão de aprendizagem que se verificou se houve aquisição por parte do aluno dos conceitos explicados.

a) Primeira sessão

Nesta sessão foram discutidos os conceitos de carga elétrica através de duas peças com diferentes encaixes. As peças só se encaixavam quando possuíam diferentes formas. Através dessa analogia foi explicado que cargas de mesmo sinal são repelidas (peças de mesma forma não

se encaixam) e cargas de sinais diferentes são atraídas (peças de formas diferentes se encaixam perfeitamente). Nessa sessão também foi abordado o conceito de condutor e isolante, utilizando-se um cubo feito de varetas com pequenas esferas de isopor em cada um dos vértices, que representavam a estrutura atômica. Pequenas esferas de metal eram introduzidas no cubo com as mãos para simbolizar os elétrons livres, característica básica de um material condutor.

b) Segunda sessão

Foi aplicado o material representativo do movimento das cargas em um circuito elétrico. O fio condutor foi representado por uma espécie de canaleta construída na placa de EVA. Os elétrons eram simbolizados por pequenas bolinhas de metal deslocando-se nas canaletas; a resistência, por um pedaço de feltro colado na canaleta que dificultava a passagem dos elétrons; a bateria, uma dupla barreira (saliências com alturas diferentes) usando a analogia com o potencial gravitacional. Nesta metáfora, a corrente foi definida como o número de bolinhas que passam em um determinado ponto do fio em um dado tempo. Nesta sessão de aprendizagem foram mostrados, através de barbaletes e varetas coladas em um pedaço de cartolina, os sinais gráficos que os videntes usam para representar a resistência e a bateria num circuito.

Por último nesta sessão foi feito um modelo em EVA do circuito real que o aluno conheceria em seguida. O modelo era do mesmo tamanho e tinha a mesma disposição das resistências que o circuito real.

c) Terceira sessão

Nesta sessão de aprendizagem o aluno foi capaz de verificar experimentalmente os conceitos anteriormente discutidos. O circuito simbólico de EVA, utilizado na segunda sessão, foi revisitado. Uma vez que o aluno cego já havia dominado os principais conceitos da eletrodinâmica ele

verificou experimentalmente esses conceitos em um circuito exatamente igual, (até mesmo no tamanho) ao material instrucional. O circuito foi construído na tábua de madeira colocando-se resistências em série e em paralelo. Foram colocados conectores entre as resistências para que o aluno pudesse medir a voltagem usando um alarme sonoro (substituto do multímetro, já que se trabalhou com um cego). Foram colocadas duas chaves de modo a fechar o circuito com as resistências ligadas apenas em série, apenas em paralelo, ou com ambas conectadas. O aluno cego pôde verificar com absoluto sucesso que a voltagem era a mesma quando as resistências eram ligadas em paralelo e as voltagens eram diferentes quando colocadas em série. O aluno conseguiu realizar o experimento com grande perspicácia.

Considerações finais

O material instrucional produzido proporcionou ao aluno maior envolvimento, motivação e interesse pelo assunto abordado nas sessões de aprendizagem. Esse interesse foi evidenciado pelo número

de perguntas e o tempo despendido pelo aluno manuseando os artefatos mesmo após o término da sessão. Uma avaliação mais bem fundamentada do uso da tecnologia educacional proposta neste trabalho requer

mais pesquisas no ensino de física para deficientes visuais. No presente caso, foi possível verificar que o aluno cego adquiriu os conceitos básicos da eletrodinâmica discutidos no ensino médio, sem que a ausência de visão se tornasse um empecilho à aprendizagem. Podemos concluir, ao final desta experiência educacional, que os artefatos produzidos mostraram-se eficazes na compreensão dos conceitos básicos bem como das leis de um circuito elétrico simples.

Marcos M. de Sousa é bolsista do CNPq.

Comprovou-se ao final deste experimento educacional como o aluno cego pôde aprender conteúdos básicos de eletrodinâmica ensinados no ensino médio sem que a ausência de visão se tornasse um empecilho à aprendizagem

Referências

- [1] GREF – Grupo de Reelaboração do Ensino de Física, *Física 3 – Eletromagnetismo* (EDUSP, São Paulo, 1991).
- [2] Brasil, Secretaria da Educação Média e Tecnológica. *PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemáticas e suas Tecnologias* (MEC/SEMTEC, Brasília, 2002).
- [3] Marina da Graça Nicoletti Mizukami,

Ensino: As Abordagens do Processo (EPU, São Paulo, 1986).

- [4] B. Charlot, *Relação com o Saber, Formação dos Professores e Globalização* (Artmed, Porto Alegre, 2005).
- [5] Eder Pires de Camargo, *Física na Escola* **8** (1), 30 (2007).
- [6] Brasil, *Proposta Curricular para o Deficiente Visual – 1ª Série* (CENESP-PREMEN, Brasília, 1979), v. 1
- [7] H. Rocha, *Ensaio Sobre a Problemática da Cegueira: Prevenção – Recuperação Reabilitação* (Fundação Hilton Rocha, Belo

Horizonte, 1987).

- [8] C. Telford e J.M. Sawrey, *O Indivíduo Excepcional* (Jorge Zahar Editores, Rio de Janeiro, 1974).
- [9] M.C.D. Neves, L.G. Costa, J. Casicava e A. Campos, *Revista Benjamin Constant*, **6**, 14 (2000).
- [10] Eder Pires de Camargo, *Ensino de Física e Deficiência Visual*, (Editora Plêiade, São Paulo, 2008). Uma lista de seus trabalhos encontra-se em www.dfq.feis.unesp.br/dvfisica (acesso em setembro de 2008).