

O uso de vídeos curtos para ensinar tópicos de semicondutores

(*The use of short videos to teach introductory semiconductor topics*)

Frederico Campos Freitas^{1,2}, Adilson Jesus Aparecido de Oliveira²

¹Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, MG, Brasil

²Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, Brasil

Recebido em 4/2/2015; Aceito em 28/2/2015; Publicado em 30/9/2015

A cada dia se torna mais frequente o uso de aparelhos eletrônicos que, em sua grande maioria, estão baseados em diodos e transistores semicondutores. Compreender alguns conceitos ligados a esses materiais pode ser muito importante para entender e se relacionar melhor com tais aparelhos. Apesar de essa ser uma constatação que aparece também em documentos oficiais e nos parâmetros curriculares nacionais (PCN), o que se observa na prática é um número muito reduzido de propostas neste sentido. Assim, o objetivo desse trabalho foi descrever o uso de uma sequência de quatro vídeos curtos para ensinar tópicos de semicondutores no Ensino Médio. Eles foram aplicados em duas turmas de terceiro ano do Ensino Médio, num total de 72 estudantes. Após cada vídeo, foi entregue um questionário com 16 itens de Likert, a fim de medir as atitudes dos estudantes em relação a alguns conceitos abordados nos vídeos. Analisando os resultados obtidos nos questionários, observou-se que a proposta se mostrou bastante eficaz, principalmente no que diz respeito à motivação dos alunos em estudar o assunto. A maior parte dos conceitos foi bem assimilada, e as poucas dificuldades apresentadas estavam de acordo com a literatura. Isso sugere que o uso de vídeos curtos é uma estratégia que pode ser mais utilizada, principalmente devido à sua versatilidade e à pequena demanda de recursos técnicos.

Palavras-chave: semicondutores, recursos audiovisuais, vídeos para ensino.

The daily use of electronic devices, which are mostly based on semiconductor diodes and transistors, has become very common. The understanding of some concepts related to semiconductor materials is very important to achieve a better comprehension of these devices. Although this statement appears in the official documents and in national Brazilian curricular parameters (PCN), in practice there is a small number of proposals in this direction. Thus, the purpose of this article was to describe the use of a sequence with four short videos to teach introductory concepts of semiconductors at high-school level. These videos were shown to two classes of third grade of high school, with a total of 72 students. After each video, we gave the students a questionnaire with 16 Likert items, in order to measure the students' attitudes regarding some concepts discussed in the videos. Analyzing the questionnaire results, we saw the effectiveness of the proposal, mainly with respect to the students' motivation to study this subject. The majority of concepts were well assimilated, and the few difficulties were in agreement with literature. This suggests that the use of short videos is a strategy that can be more used, mainly due its versatility and very limited need of technical resources.

Keywords: semiconductors, audiovisual resources, videos for teaching.

1. Introdução

Nos anos 50, um grupo liderado por Bardeen, Shockley e Brattain reportou a descoberta do efeito transistor, que serviu de base para a construção de componentes fundamentais para a grande maioria dos equipamentos eletrônicos atuais. Apesar da presença cada vez maior desses equipamentos em nosso cotidiano, passados mais de 60 anos os principais conceitos envolvidos nesse efeito normalmente não são abordados nas aulas regulares do Ensino Médio, ao contrário do que seria

esperado por conta da importância e impacto que esses equipamentos eletrônicos têm no nosso dia a dia.

Em uma consulta rápida à legislação que rege a educação no Brasil, lê-se que [1]: “o Ensino Médio, etapa final da educação básica, (...), terá como finalidades: - a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina. (...) - domínio dos princípios científicos e tecnológicos que presidem a produção moderna; (...)”. Ao consultar outros documentos, é possível ver de forma ainda mais

¹E-mail: fredcfreitas@gmail.com.

específica, quais são as competências e habilidades das áreas tecnológicas que mais precisam ser trabalhadas. No PCN+ [2], na parte reservada à física, lê-se que é necessário dar condições para que os estudantes possam: “- relacionar os modelos de organização dos átomos e moléculas na constituição da matéria às características macroscópicas observáveis em cristais, cristais líquidos, polímeros, novos materiais, etc.; - identificar a presença de componentes eletrônicos, como semicondutores, e suas propriedades nos equipamentos eletrônicos; - identificar elementos básicos da microeletrônica para compreender o processo de informação (processadores, microcomputadores etc.), redes de informática e sistemas de automação;...”.

Observa-se assim que os documentos oficiais também tratam da necessidade de se abordarem alguns conceitos de semicondutores no Ensino Médio. Nesse contexto, a física como disciplina escolar tem um papel decisivo por naturalmente tratar dos aspectos básicos sobre a estrutura e o funcionamento dos materiais condutores, isolantes e semicondutores.

Ao explorar alguns dos livros didáticos mais utilizados, analisou-se que os tópicos relacionados aos materiais condutores e isolantes estão presentes em todas as obras. Contudo, os conceitos básicos de semicondutores têm uma presença muito tímida, o que sugere uma abordagem pouco frequente desse assunto [3]. Das coleções analisadas, apenas em três delas aparecem textos que mencionam os materiais semicondutores. Ainda nesse sentido, observa-se nos colégios privados a adoção cada vez mais frequente do uso de materiais didáticos apostilados voltados somente aos assuntos que aparecem em questões de vestibulares e exames de seleção, fazendo com que normalmente não apareçam tópicos de semicondutores.

Em uma revisão feita em 2009 [4], aponta-se que há poucas propostas concretas para a inserção de conceitos de semicondutores no Ensino Médio. Ao se fazer uma rápida pesquisa dos trabalhos encontrados, é possível destacar que: na Ref. [5], discute-se a aplicação de uma sequência didática cujo objetivo era tratar do funcionamento dos diodos emissores de luz (LEDs) e, dessa forma, havia uma atividade que discutia alguns conceitos de semicondutores; no trabalho de Goulart [6], apresenta-se um CD-ROM com uma sequência CTS para o ensino de eletrônica básica. Nessa sequência, dois experimentos e quatro animações em *FLASH* abordam diretamente os semicondutores e seus conceitos, utilizando como base os conhecimentos dos alunos sobre ligações covalentes. Já na Ref. [7], há uma compilação dos trabalhos produzidos por um grupo de pesquisadores que atua em escolas espanholas, do qual o autor faz parte. É um trabalho bastante completo, uma vez que eles abordam desde a inclusão dos conceitos de materiais semicondutores no currículo das escolas espanholas até questões sobre o entorno da sala de aula, passando porventura por outros aspectos que dificul-

tam a abordagem desses conceitos no ensino secundário (que é equivalente ao nosso Ensino Médio). Além disso, apresentam-se os resultados da aplicação de uma proposta de ensino desses conceitos em sala de aula.

A preocupação desse grupo estava centrada na adaptação da linguagem científica para o contexto dos estudantes. Por isso, a maior parte das atividades aplicadas a eles tinha como foco central textos de divulgação científica. Os trabalhos normalmente consistiam de atividades em grupo (de 3 ou 4 alunos) que analisavam e discutiam esses textos e situações-problema que abordavam os semicondutores sobre diversas ópticas. Esse trabalho foi dividido em cinco módulos. No primeiro, relacionou-se o desenvolvimento da eletrônica com os materiais semicondutores. No segundo, foram abordados os condutores e os isolantes de forma muito similar ao que normalmente é feito no Ensino Médio no Brasil, enquanto que o terceiro módulo tratou especificamente a natureza dos semicondutores, dando-se ênfase à relação entre sua condutividade e a temperatura. No quarto módulo, tratou-se dos semicondutores puros (intrínsecos) a partir da regra do octeto e do conceito de ligação covalente, tratando-se também da recombinação de elétrons e buracos, assim como o próprio conceito de buraco. No quinto módulo, por sua vez, foram abordados os semicondutores dopados, suas diferenças e características, que foram utilizadas para explicar o conceito de diodo de junção. As várias atividades avaliativas utilizadas mostraram o sucesso da iniciativa [7], apesar de alguns problemas apresentados. Entre eles, destaca-se a dificuldade dos estudantes em diferenciar o conceito de dopagem de um semicondutor com seu estado de eletrização. Para boa parte dos estudantes analisados, um semicondutor dopado tipo-**P** está eletrizado positivamente.

Diferente de outras propostas semelhantes, este trabalho optou por abordar os conceitos de semicondutores a partir do conceito de bandas de energia, que didaticamente apresentam uma proximidade maior com o paradigma atualmente aceito. Além disso, o objetivo era criar uma alternativa teórica para ensinar conceitos de semicondutores no Ensino Médio. Contudo, a simples inserção desses conceitos em aulas tradicionais teria chances reduzidas de sucesso.

Uma possível solução para essa dificuldade poderia ser o uso de vídeos para ensinar tais conceitos. Desde o surgimento do cinema, do rádio, da televisão, das fitas e gravadores de vídeos e outras tecnologias similares, alguns educadores vêm tentando inserir o uso de recursos audiovisuais no cotidiano escolar. Isso porque os meios de comunicação desempenham um papel educacional muito importante mesmo quando não há essa intenção [8]. Eles exercem esse papel ao apresentar e discutir conceitos, apresentar modelos de comportamento, ensinar linguagens coloquiais, multimídias e veicular continuamente informações interpretadas, privilegiando alguns valores e visões em detrimento de ou-

tros. A atratividade desses recursos está atrelada ao fato de que eles são capazes de estimular diversos sentidos de forma simultânea, fazendo com que a interação com eles se torne uma experiência sensorial [9] em vez de uma mera transmissão de conteúdos.

Na Ref. [10] chama-se atenção para o fato de que a televisão e o vídeo apresentam formas sofisticadas de comunicação, partindo de objetos concretos para veicular ideias, usando elementos racionais e afetivos. Essa capacidade que a linguagem audiovisual tem de atuar em vários sentidos de forma simultânea faz com que ela seja capaz de atingir mais vias do que aquelas que controlamos de forma consciente. E justamente por isso os recursos educacionais criados com essa linguagem podem ser bastante importantes, apesar de serem de uso simples. Do ponto de vista operacional, a utilização de vídeos também costuma não criar muitas dificuldades, uma vez que ele não requer muitos aparatos técnicos.

Hoje vive-se um momento no qual a mídia eletrônica é encarada como um importante elemento cultural, sendo o vídeo um espelho da complexidade e das contradições do olhar contemporâneo [11]. Graças ao desenvolvimento e à popularização das câmeras digitais, os vídeos curtos estão se tornando um fenômeno de comunicação porque eles se disseminam de maneira não hierárquica, aproximando cada vez mais produtores e espectadores. Outra grande vantagem dos vídeos está na possibilidade que o espectador tem de pausar, ver novamente e eventualmente editar tais vídeos [11]. Além disso, os vídeos têm um ar moderno, por ser um meio de comunicação contemporâneo e que integra várias linguagens. Outra vantagem do vídeo é que ele requer pouco envolvimento inicial por parte do espectador/aluno [12], que pode vê-lo “passivamente”. Sabe-se que esse conceito de passividade é relativo, uma vez que mesmo não sendo consciente, o envolvimento de um espectador com um vídeo é multissensorial, como já foi frisado em outros trabalhos.

Observa-se que o uso de vídeos e jogos educativos estão cada vez mais frequentes entre os estudantes, independente do seu nível social [13]. Graças ao desenvolvimento dos *tablets* e *smartphones*, esses recursos estão acessíveis aos estudantes e o seu uso pode ter grandes vantagens, principalmente por conta da motivação gerada pela quebra da rotina da sala de aula [8,13]. Outro ponto relevante é a capacidade desses recursos em mostrar imagens, gráficos ou sons que não poderiam ser utilizados em situações tradicionais de ensino.

Apesar disso, fazendo uma revisão das publicações sobre o uso de tecnologias no ensino de ciências [14], nota-se que no período compreendido entre 1997 e 2007 não havia nenhum trabalho relacionando recursos multimídia com o ensino de tópicos de física moderna e contemporânea. Na verdade, o número de trabalhos que abordam tópicos de física moderna usando tecnologias educacionais era muito baixo, representando cerca de 8% do total. Os temas mais abordados eram o movi-

mento (suas variações, forças, entre outros) e energia.

Por todas essas razões, escolheu-se usar vídeos curtos para ensinar conceitos de semicondutores no Ensino Médio. Esse trabalho descreve o uso desses vídeos e mostra alguns resultados obtidos a partir das atitudes dos estudantes.

2. Desenvolvimento

O processo de produção dos roteiros dos vídeos utilizados nesse trabalho foi descrito na Ref. [15], onde se detalha a escolha e delimitação dos tópicos que seriam abordados nos vídeos, bem como a linguagem que seria utilizada. Os autores escolheram abordar os semicondutores a partir do conceito de bandas de energia, utilizando para isso subsunçores comuns aos estudantes do Ensino Médio, como os conceitos de energia, carga elétrica, orbital eletrônico, resistividade, ligações químicas, entre outros.

Após a finalização dos roteiros e da pesquisa iconográfica que se seguiu, ocorreu a gravação dos vídeos. Esse processo foi feito com o auxílio operacional do LABI - Laboratório Aberto de Interatividade da UFS-Car. Eles foram os responsáveis pela gravação e edição dos vídeos, que seguiu as orientações contidas nos roteiros. A gravação ocorreu nos estúdios da Rádio UFSCar, usando uma técnica chamada de *chroma-key*, onde se utiliza um fundo monocromático para facilitar a adição de elementos gráficos no momento da edição. Os vídeos produzidos estão disponíveis nos seguintes links:

- Vídeo 1: http://www.youtube.com/watch?v=Zer4Yd1_JFw.
- Vídeo 2: <http://www.youtube.com/watch?v=mcRtVVpYsCI>.
- Vídeo 3: <http://www.youtube.com/watch?v=3bS8SoWpjMQ>.
- Vídeo 4: <http://www.youtube.com/watch?v=JIPwuPOHZvM>.

Esses vídeos foram elaborados de forma que o professor possa escolher entre apresentá-los na sequência ou selecionar somente aqueles que forem mais interessantes. Os principais assuntos abordados no primeiro vídeo foram energia elétrica, intensidade de corrente elétrica, conservação da carga, diferença de potencial, campo elétrico, diferença entre condutores e isolantes, resistividade e resistência elétrica. No segundo vídeo, por sua vez, foram vistos os materiais semicondutores, a comparação entre os isolantes, condutores e semicondutores, um modelo para a composição atômica da matéria, o modelo atômico de Rutherford e Bohr, os níveis de energia, o conceito de bandas de energia, o conceito de buraco e seu papel na condução elétrica.

O terceiro vídeo, por sua vez, abordou o uso de semicondutores em dispositivos simples (como os diodos de

junção), a diferença entre os semicondutores intrínsecos e extrínsecos, o conceito de dopagem de um semicondutor e de junção **PN**, além de aplicações simples dos diodos. No quarto vídeo tratou-se do funcionamento dos microprocessadores, seu uso e importância na computação atual e um pequeno apanhado do que foi dito nos vídeos anteriores, com uma mensagem final sobre o caráter transitório do conhecimento científico.

A apresentação dos vídeos ocorreu em agosto de 2013 em duas turmas de terceiro ano do Ensino Médio regular matutino de um colégio particular na cidade de Uberaba - MG. Ao todo, 72 estudantes com idades entre 16 e 18 anos participaram da atividade. Naquele momento do ano letivo, eles já haviam estudado todos os assuntos que tradicionalmente são agrupados nas seções denominadas “eletrostática” e “eletrodinâmica”, tendo visto os conceitos básicos de carga elétrica, diferença de potencial e circuitos elétricos, por exemplo. Com isso foi possível garantir que praticamente todos os subtemas abordados no primeiro vídeo já haviam sido tratados em aulas regulares.

Os processos de avaliação mais utilizados consistem na elaboração de uma pergunta, que deve ser respondida de forma discursiva ou através de atividades de múltipla escolha. Esse formato tem relativo sucesso, tendo em vista que esses tipos de questões compõem a esmagadora maioria dos exames admissionais em universidades, concursos públicos e outras avaliações do gênero. Por isso, tais métodos normalmente são associados pelos estudantes a um processo mecânico de perguntas e respostas. Pouco se mede sobre a real atitude deles em relação ao que é perguntado. Quando se faz um questionamento sobre energia mecânica, por exemplo, o estudante ficará impelido a encontrar e registrar a resposta esperada, muitas vezes sem se posicionar verdadeiramente sobre o conceito. Ele escolhe uma resposta por acreditar que ela esteja “correta”, mesmo que as suas concepções sejam totalmente divergentes da resposta esperada.

Contudo, o objetivo desse trabalho não consistia somente na avaliação do desempenho (ou do conhecimento) dos estudantes em relação aos tópicos trabalhados. Considerou-se que seria mais interessante medir suas atitudes, dadas basicamente por um somatório das reações afetivas em relação a um objeto, e que é resultado de um conjunto de conceitos e crenças que a pessoa possui em relação a ele [16]. Para avaliar as atitudes dos estudantes, nesse trabalho foram utilizados questionários individuais do tipo “escala Likert”. É chamado assim o conjunto de itens de Likert, onde cada um composto de uma afirmativa direta e a partir da qual o sujeito avaliado (o aluno, no caso desse trabalho) pode se manifestar utilizando uma escala com vários graus de concordância. Existem diversas formas de construí-la, sendo a mais comum atribuir valores numéricos a cada grau de concordância [17–19].

Nesse trabalho, optou-se por uma escala numérica.

O estudante podia avaliar cada afirmativa utilizando números inteiros de 1 (um) a 5 (cinco) em que a resposta 1 significava “discordo totalmente, com convicção” e a resposta 5 significava “concordo totalmente, com convicção”. Na medida do possível, foram elaborados questionários balanceados, ou seja, com o mesmo número de respostas positivas e negativas, a fim de evitar qualquer influência sobre elas [16]. Ao todo foram feitos 5 (cinco) questionários, sendo quatro relacionados aos conceitos abordados nos vídeos (um questionário por vídeo) e um último, sobre aspectos gerais dos vídeos apresentados.

O processo de apresentação dos quatro vídeos foi bem simples. Num primeiro momento, explicou-se como seria a dinâmica das atividades; o vídeo foi apresentado; foi entregue o questionário individual aos alunos; foram dadas orientações acerca do preenchimento do questionário e, por fim, os mesmos foram recolhidos. Uma das orientações extras dadas aos estudantes foi registrar nas folhas do questionário eventuais dúvidas que porventura surgissem durante a exibição dos vídeos.

As atividades relacionadas ao primeiro e ao segundo vídeo, incluindo-se suas respectivas exibições e a aplicação dos seus respectivos questionários demandaram uma aula de 50 minutos cada. Já as atividades relativas ao terceiro e ao quarto vídeo foram feitas em uma única aula de 50 minutos. Observou-se que surgiram poucas dúvidas em relação à interpretação dos itens dos questionários e, nesses casos, optou-se por não interferir.

Na sequência, com o uso de ferramentas estatísticas, foi realizada a análise das respostas dadas em cada um dos questionários.

3. Resultados

Enquanto ocorria a exibição dos vídeos e durante o preenchimento dos questionários, a interação entre os estudantes não foi reprimida ou estimulada e observou-se que ela ocorreu com pouca frequência. No decorrer das atividades nenhuma resposta foi lida ou comentada e, apesar dos questionários estarem identificados, garantiu-se aos estudantes que a confidencialidade das suas respostas seria compulsoriamente mantida. Assim sendo, foi atribuído um código (confidencial) para cada estudante antes da análise de suas respostas.

As afirmações contidas em cada um dos questionários tratavam dos conceitos que eram abordados de alguma forma nos vídeos, ou seja, haviam algumas afirmativas que falavam sobre concepções prévias necessárias para entender tais conceitos enquanto outras tratavam dos próprios conceitos abordados. As atividades em questão estão disponíveis no site <http://sites.google.com/site/questionariossemicondutores>. O objetivo da aplicação desses questionários era inferir a atitude dos estudantes em relação aos assuntos abordados. Como cada escala era composta por dezesseis itens, a análise

completa das respostas conseguidas seria muito extensa e, por isso, optou-se por ressaltar somente os resultados mais expressivos. O resultado completo obtido nessas escalas está na Ref. [20].

Dessa forma, com base nos dados do questionário aplicado após o primeiro vídeo, viu-se que em sete itens a média das respostas dos estudantes se aproximou muito da resposta esperada. A maior parte dessas afirmativas tratava de conhecimentos prévios que foram trabalhados em aulas tradicionais anteriores, dando fortes indícios de que os estudantes apresentavam vários desses subsunçores bem estabelecidos, principalmente aqueles relacionados aos portadores de corrente elétrica nos metais, à sua condutividade elétrica e às soluções salinas, além do conceito de resistividade.

Mas é preciso destacar também que através desse questionário foi possível identificar que algumas concepções alternativas dos alunos ainda são muito fortes, sendo a mais importante delas relacionada ao “consumo” de corrente dos aparelhos elétricos. Mesmo sabendo que esse conceito foi duramente combatido nas aulas tradicionais de eletricidade, foi curioso perceber que cerca de 25% dos estudantes ainda concordam, em algum grau, com a afirmativa de que quando um aparelho é ligado na tomada, em um dos fios entra a corrente que será consumida e no outro fio sai somente aquilo que não é gasto, o que também foi observado na Ref. [21]. Muito provavelmente essa concepção deve advir da comparação conotativa que algumas pessoas usam entre a corrente elétrica e o abastecimento de água de uma residência. Viu-se também que um grande número de estudantes (cerca de 80%) concorda, em algum grau, com a ideia de que a velocidade dos portadores de corrente elétrica em metais é alta, ao contrário do que foi afirmado no primeiro vídeo e nas aulas tradicionais anteriores. Coincidentemente, dois meses após a aplicação desse questionário uma questão com a mesma temática foi proposta no ENEM 2013.

Os conceitos abordados no segundo questionário foram aqueles nos quais os estudantes tiveram maior insegurança. Sete afirmativas figuraram entre aquelas nas quais mais de 20% deles apresentaram dúvidas. Apesar da grande insegurança apresentada, observou-se que em sete das dezesseis afirmativas a média das respostas fornecidas se aproximou bastante do valor esperado. Todas as questões falavam diretamente dos semicondutores e da teoria das bandas de energia, que foi apresentada nesse vídeo. Com isso foi possível perceber que a natureza dos buracos, o conceito de *gap* de energia e a sua relação com a condutividade e com a temperatura provavelmente foram bem assimilados pela maior parte dos estudantes, indicando que esse material pode ter sido potencialmente significativo para esse grupo.

As respostas obtidas a partir do questionário aplicado após o terceiro vídeo mostraram que, assim como no trabalho da Ref. [7], a carga líquida dos semicondutores dopados foi um conceito de difícil assimilação.

A média das respostas relacionadas a esse item ficou próxima de 3, indicando uma grande insegurança por parte dos estudantes, além de ter sido essa uma das questões que mais geraram dúvidas nominais. Para se ter uma ideia, cerca de 40% dos alunos concordaram, mesmo após os três primeiros vídeos fazerem alertas no sentido oposto, que semicondutores tipo-**P** têm esse nome porque estão carregados positivamente. Ademais, foi possível perceber que em outras 7 das 16 afirmativas a média das respostas dadas se aproximou bastante do resultado esperado. Alguns desses itens foram gratas surpresas, pois tratavam de conceitos bastante abstratos e que poderiam gerar dúvidas, como o relacionado à recombinação do par elétron-buraco e seu efeito na corrente elétrica de um diodo. Outros conceitos relacionados aos diodos também fizeram parte desse rol de respostas próximas ao valor esperado, indicando que os tópicos relacionados a esse dispositivo foram bem recebidos pelos estudantes.

Por fim, após o vídeo 4 foram aplicados dois questionários. O primeiro, no mesmo molde dos demais, continha 16 itens sobre os assuntos vistos nos quatro vídeos e o segundo, composto também por uma escala Likert de 12 itens, fazia referência às opiniões dos estudantes sobre os vídeos apresentados e sobre a atividade de aplicação dos mesmos. Como nos casos anteriores, os estudantes se aproximaram bastante da resposta esperada em 7 das 16 afirmativas no questionário que abordava os conceitos de semicondutores. As questões cujas respostas se aproximavam do esperado tratavam, basicamente, dos conceitos de condutividade, do funcionamento dos diodos, da recombinação dos pares “elétron-buraco”, da natureza dos portadores de carga nos semicondutores dopados e da importância dos semicondutores para a tecnologia atual. Comparando esse resultado com os outros questionários, é possível afirmar que esses conceitos foram bem compreendidos pelos estudantes, mediante suas atitudes positivas relacionadas a eles. Outros mais abstratos, como o conceito das bandas de energia, o *gap* de energia e a carga líquida dos semicondutores dopados não obtiveram o mesmo sucesso, dando indícios de que precisariam ser trabalhados em outras atividades para completar a sua reconciliação integradora.

No último questionário, observou-se um resultado interessante: cerca de 40% dos estudantes discordaram, em algum grau, da chance de se avaliar a confiabilidade de um vídeo visto na internet. O que parece ser um paradoxo, uma vez que cerca de 90% deles afirmou já ter usado esse tipo de vídeo para estudar e se informar, item esse que concorda com o visto na Ref. [13]. A partir desses resultados, também foi possível afirmar que a ampla maioria dos estudantes acredita ter entendido e concorda com o fato de que o assunto apresentado nesses vídeos é de grande importância para o seu dia a dia. Um número muito reduzido deles afirmou que os vídeos eram longos e, por isso, cansativos, indicando

que a escolha por vídeos curtos se mostrou acertada. Também é importante destacar que para mais de 80% deles, as ideias presentes nos vídeos foram apresentadas de forma clara e de fácil entendimento.

4. Conclusão

Durante as atividades, foi possível constatar que a proposta de utilizar vídeos para introduzir conceitos de semicondutores se mostrou bastante eficaz, uma vez que foi nítida a ação dos vídeos como elementos motivadores da atenção dos estudantes. Isso ocorreu provavelmente por essa situação apresentar uma quebra na rotina escolar dessas turmas.

Pelo que foi observado, pode-se afirmar que o uso de vídeos para ensinar conceitos de semicondutores no Ensino Médio é bastante promissor. Através dos resultados apresentados nos questionários aplicados após cada um dos vídeos, ficou claro que boa parte dos conceitos trabalhados foi assimilada pelos estudantes. Surgiram algumas dificuldades similares a outros trabalhos apresentados na literatura (como a diferenciação entre semicondutores dopados e eletricamente carregados), mas acredita-se que um trabalho posterior sobre o assunto provavelmente seria suficiente para promover uma aprendizagem significativa desses conceitos.

É importante ressaltar que mesmo os vídeos mais simples, como os produzidos aqui, demandam um planejamento bem fundamentado contemplando todas as etapas do trabalho. Apesar das dificuldades e do tempo empregado para essa atividade, a produção desse tipo de material é muito bem-vinda, principalmente por conta da escassez de propostas relacionadas à física moderna e contemporânea. Como o material fica disponível na internet, ele pode se tornar uma boa fonte inicial de pesquisa para as pessoas que queiram se informar sobre o assunto, em especial os estudantes de Ensino Médio e técnico. Na organização de propostas similares, um bom conhecimento dos processos de gravação e edição de vídeos pode ser bastante útil, além de agilizar a produção dos vídeos. Contudo, é importante perceber que quanto mais sofisticada for a produção, maior é o número (e o valor) dos recursos utilizados em sua confecção. Como nem sempre esses recursos são acessíveis, uma alternativa seria a escolha pela produção de vídeos de bolso (*pocket videos*), por exemplo. Eles têm uma dinâmica mais informal e, por definição, são gravados com dispositivos móveis (como celulares, *tablets* e outros), muito mais acessíveis e sem grandes necessidades técnicas.

Apesar dos vídeos terem sido planejados para o ensino de semicondutores no Ensino Médio, na sequência desse trabalho eles poderiam ser utilizados para introduzir esse assunto a estudantes do ensino técnico (principalmente como nos cursos de eletrônica) e alunos de nível superior (dos cursos de licenciatura em física, biologia ou ciências, por exemplo), uma vez que

no currículo de boa parte dos novos cursos de licenciatura há pouco espaço para o estudo de conceitos de física moderna, principalmente aqueles relacionados à física quântica. Além disso, no futuro podem ser planejados vídeos semelhantes para a introdução de outros assuntos de física moderna e contemporânea que aparecem pouco nos materiais didáticos e propostas de ensino, como os conceitos de magnetorresistência gigante, *spin* ou a física de partículas.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao LABI - UFSCar pelo apoio durante a gravação e edição dos vídeos e à todos que auxiliaram no desenvolvimento desse trabalho, principalmente àqueles que ajudaram de forma abnegada na revisão desse texto.

Referências

- [1] Brasil, *Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Lei n. 9.394, de 20 de dezembro de 1996.* (Diário Oficial, Brasília, 1996), disponível em <http://portal.mec.gov.br/arquivos/pdf/ldb.pdf>.
- [2] Brasil, *PCN+ - Ensino Médio Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais de Física* (MEC/Semtep, Brasília, 2002), disponível em www.sbfisica.org.br/ensino/pcn.shtm.
- [3] F. Ostermann e M.A. Moreira, *Investigações em Ensino de Ciências* **5**, 23 (2000).
- [4] A. P. Pereira e F. Ostermann, *Investigações em Ensino de Ciências* **14**, 393 (2009).
- [5] H.F. Paula e E.G. Alves, in: *XVII SNEF - Simpósio Nacional de Ensino de Física* (São Luís, 2007), disponível em <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvii/sys/resumos/T0397-1.pdf>.
- [6] P.R.A. Goulart, *Eletrônica e Cidadania: Uma Abordagem CTS para o Ensino Médio*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, (2008).
- [7] A.G. Carmona, *Física de Semicondutores en la Educación Científica Secundaria* (Educación Editora, 2008), disponível em <http://webs.uvigo.es/educacion.editora/Fisicasemicondutores.pdf>.
- [8] A. Arroio e M. Giordan, *Química Nova na Escola* **24**, 8 (2006).
- [9] E.M. Alves e J.C. Messeder, in: *VII Enpec - Encontro Nacional de pesquisas em Educação em Ciências* (Florianópolis, 2009), disponível em <http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/vii/enpec/pdfs/185.pdf>.
- [10] P. Rosa, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* **17**, 33 (2000).
- [11] E.G. Pires, *Comunicação & Educação* **13**, 15 (2008).
- [12] S.V.N. Caetano e G.A.M. Falkembach, *Novas Tecnologias na Educação* **5**, 1 (2007).

- [13] R. Silva, C. Araújo, M. Ferreira e M. Souza, in: *XVI SNEF - Simpósio Nacional do Ensino de Física* (Rio de Janeiro, 2005), disponível em www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvi/cd/resumos/t0009-1.pdf.
- [14] I.S. Araujo, E.A. VEIT, e M.A. Moreira, *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências* **4**, 5 (2004).
- [15] F.C. Freitas, A.B. de Siqueira, e A.J.A. de Oliveira, in: *XX Simpósio Nacional de Ensino de Física* (São Paulo, 2013), disponível em <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xx/sys/resumos/T0791-1.pdf>.
- [16] S.L. Talim, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* **21**, 313 (2004).
- [17] R. Likert, *Archives of Psychology* **22**, 5 (1932).
- [18] J.A.G. McClelland, *Brazilian Journal of Physics* **6**, 93 (1976).
- [19] L.M.A. da Cunha, *Modelos Rasch e Escalas de Likert e Thurstone na Medição de Atitudes*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Lisboa, Lisboa (2007), disponível em http://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/1229/1/18914_ULFC072532_TM.pdf.
- [20] F.C. Freitas, *Semicondutores no Ensino Médio - Uma Proposta de Ensino de Física Contemporânea*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos (2013), disponível em http://www.btdt.ufscar.br/htdocs/tedeSimplificado/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=7549&PHPSESSID=956c85bcdec7b89492dffd2ffc0c476e.
- [21] J.M. De Posada, *Science Education* **81**, 445 (1997).