
FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO: UM EXPERIMENTO PARA ABORDAR O EFEITO FOTOELÉTRICO⁺*

Luciene Fernanda da Silva

Mestranda do Programa de Pós-Graduação Interunidades
em Ensino de Ciências
Universidade de São Paulo – USP

Alice Assis

Departamento de Física e Química
Universidade Estadual Paulista - UNESP
Guaratingueta – SP

Resumo

Considerando-se a importância da inserção da Física Moderna e Contemporânea no currículo de Física do Ensino Médio, propõe-se, neste trabalho uma atividade experimental, confeccionada com materiais de baixo custo, que aborda o efeito fotoelétrico. Essa atividade pode ser utilizada de forma contextualizada, articulando-se esse fenômeno com algumas aplicações tecnológicas vivenciadas pelos alunos no seu cotidiano. Ao trabalhar o experimento, o professor pode incentivar os alunos a investigarem o que ocorre no decorrer de sua execução e, por meio de perguntas, levá-los a expressar as suas ideias prévias na tentativa de explicarem o seu funcionamento. Essa articulação vinculada à interação social em sala de aula pode despertar a curiosidade e a motivação dos alunos em aprenderem os conhecimentos trabalhados.

⁺ Modern Physics in High School: an experiment to present the photoelectric effect

^{*} *Recebido: março de 2012.
Aceito: julho de 2012.*

Palavras-chave: *Ensino de Física. Atividade experimental. Efeito fotoelétrico.*

Abstract

Considering the importance of the inclusion of Modern and Contemporary Physics in the curriculum of Physics in High School, it is proposed in this work an experimental activity, made with low- cost materials, which presents the photoelectric effect. This activity can be used articulating this phenomenon with some technological applications experienced by the students in their daily lives. When working the experiment, the teacher can encourage students to investigate what happens during its execution and, through questions, get them to express their ideas in the previous attempt to explain its operation. This articulation linked to social interaction in the classroom can arouse the students' curiosity and motivation of students to learn the subject taught in classroom.

Keywords: *Physics Education. Photoelectric effect. Experimental activity.*

I. Introdução

Diversas pesquisas na área de Ensino de Física (MESQUITA, 2011; LOZADA, 2007; OSTERMANN; MOREIRA, 2001; OSTERMANN; MOREIRA, 2000; PIETROCOLA; OFUGI, 2000; TERRAZZAN, 1992; CAVALCANTE, 1999) discutem a importância da inserção da Física Moderna e Contemporânea (FMC) no currículo de Física do Ensino Médio (EM) no sentido de despertar a curiosidade e a motivação dos alunos em sala de aula.

Essa curiosidade advém do fato de que estudos de FMC permitiram o advento da tecnologia que faz parte do cotidiano dos alunos, o que viabiliza que eles façam “a ponte entre a física da sala de aula e a física do cotidiano” (VALADARES; MOREIRA, 1998, p. 121). Segundo Mesquita (2011), o uso de FMC no EM pode, ainda, levar os alunos a reconhecerem “a Física como um empreendimento humano e, portanto, mais próxima a eles” (p. 18).

Ostermann e Moreira (2001) apontam para a viabilidade do ensino de FMC no Ensino Médio, “tanto do ponto de vista do ensino de atitudes quanto de

conceitos. É um engano dizer que os alunos não têm capacidade para aprender tópicos atuais. A questão é como abordar tais tópicos” (p. 145).

Nesse sentido, é fundamental que se produzam materiais didáticos associados aos temas de FMC que sejam “acessíveis aos professores e aos alunos de Nível Médio” (OSTERMANN; MOREIRA 2001, p. 145).

Neste trabalho, propomos a utilização de uma atividade experimental, confeccionada com materiais de baixo custo, que aborda o efeito fotoelétrico. Esse experimento já foi proposto anteriormente¹.

Para despertar a motivação dos alunos em participarem e a aprenderem o conteúdo trabalhado, sugerimos que, no decorrer do experimento, o professor aborde algumas aplicações tecnológicas vivenciadas no cotidiano, por meio da interação social.

II. O uso do experimento “Ouça seu controle remoto!” por meio da interação social

O experimento que apresentamos tem um apelo lúdico, uma vez que permite aos alunos ouvirem o ruído que um circuito produz, ao receber o sinal de um controle remoto. Esse fenômeno pode levar os alunos a se sentirem curiosos e até desconfiados, pois o referido ruído de um controle remoto não é algo que acontece no cotidiano. Essas emoções despertadas nos alunos podem ser utilizadas positivamente pelo professor. Para Monteiro *et al* (2007), esse tipo de emoção e a motivação articuladas

à atenção e à disponibilidade do aprendiz estimulam não somente sua participação na dinâmica das aulas, mas também o reconhecimento da liderança e confiança no parceiro mais capaz, auxiliando a manutenção do processo interativo em momentos menos prazerosos.

Monteiro e Gaspar (2007) apontam para a importância de que o professor desencadeie e sustente interações sociais em sala de aula “para que o fazer pedagó-

¹ Nos seguintes *sites* podem ser encontrados os vídeos em que constam a sua realização (que será explicada mais adiante) e o seu plano de aula, respectivamente:

<<http://fisicamodernaexperimental.blogspot.com.br/search/label/Radio%20Laser>>

<<http://picjrintelpucsp.blogspot.com.br/2009/11/plano-de-aula-transmissao-de-sinais-sem.html>>.

gico possa ser realmente significativo” (p. 82). Nesse sentido, ao trabalhar o experimento, o professor pode incentivar os alunos a investigarem o que ocorre no decorrer de sua execução e, por meio de perguntas, levá-los a expressar as suas ideias prévias na tentativa de explicarem o funcionamento do experimento. Cria-se, assim, um ambiente descontraído em sala de aula e estabelece-se uma interação social mais rica entre os alunos e o professor, o que, segundo Vigotsky (2003), favorece a aprendizagem.

Mediante essas considerações, acreditamos que, se utilizado de forma a viabilizar a interação social, o experimento em questão pode, além de despertar a motivação inicial, estimular participação dinâmica dos alunos no decorrer da aula. Assim, propomos que o professor propicie a interação entre os alunos e o experimento, levantando as suas explicações e orientando o seu raciocínio durante a sua realização, uma vez que nenhum experimento é autoexplicativo (GASPAR, 1997).

II.1. Montagem

Os materiais necessários para a montagem do experimento estão listados na Tabela 1. A maioria desses materiais pode ser adquirida em uma loja de componentes eletrônicos. Na tabela há, também, o custo aproximado de cada material.

Tabela 1 – Relação de materiais para a montagem do experimento "Ouça seu controle remoto!"

<i>Material</i>	<i>Custo aproximado (em 2012)</i>
- 1 bateria de 9 V	R\$ 3,25
- 1 LDR	R\$ 0,90
- 1 LED vermelho (ou de outra cor)	R\$ 0,65
- 1 pino fêmea P2 (para conectar a caixa de som)	R\$ 3,50
- 1 resistor de 680 Ω e 1/8 W	R\$ 0,10
- 2 jacarés	R\$ 0,35 (cada)
- 1 suporte para bateria	R\$ 1,00
- um controle remoto comum de televisão	R\$ 10,00
- caixinha de som de computador ou de rádio	Variável

A montagem do experimento está representada na Fig. 1. Para a sua montagem, primeiramente é preciso verificar a polaridade do LED (não há polaridade no LDR). Como o LED é um diodo, ele conduz a corrente elétrica apenas em um único sentido. Ao comprar o LED, você perceberá que uma das “perninhas” é ligeiramente maior que a outra. Esse é o polo positivo do componente e deve ser ligado ao polo positivo da bateria.

A bateria, o LDR, o LED e o resistor são ligados em série nessa ordem (observar o circuito ilustrado na Fig. 2). Com os jacarés, liga-se o pino fêmea P2 em paralelo com o resistor. É através do resistor que escutaremos o som do sinal do controle remoto. Esse som é gerado devido à variação de ddp obtida no resistor, que é a mesma da caixinha de som, pois ela está ligada em paralelo com esse resistor. Essa variação de ddp é resultado da alteração da corrente elétrica no circuito, provocada pela alteração da resistência do LDR ao ser atingido pelo infravermelho pulsado do controle remoto.

Para testar o funcionamento do circuito, basta iluminar o LDR com um *laser*. Se o LED acender, é por que está tudo conectado corretamente. Senão, verifique as ligações e a polaridade do LED. Pode ser que a polaridade foi trocada ou que algum fio não esteja ligado de forma adequada.

Para testar a saída de som, conecte as caixinhas de som ao circuito, e incida o infravermelho no LDR, usando um controle remoto de televisão. Se tudo estiver bem conectado, o som do controle remoto semelhante ao som de um helicóptero será ouvido, devido ao fato de o infravermelho do controle ser pulsado.

O circuito pode ser montado sobre um papelão duro utilizando-se fios de ligação e fita isolante ou solda para conectar cada elemento ao circuito. Para substituir os fios de ligação e a fita isolante ou a solda (Fig. 1), pode-se utilizar um *proto-board*, uma espécie de placa (adquirida em lojas especializadas em componentes eletrônicos) onde se pode montar o circuito.

III. Em sala de aula

III.1 “Ouça seu controle remoto!”

Dependendo do tempo de aula que o professor tiver disponível, ele poderá trazer os materiais para os próprios alunos montarem o circuito em grupos. Não havendo tempo suficiente, o professor poderá levar o experimento já pronto para a sala de aula.

Esse experimento pode ser classificado como um experimento qualitativo de demonstração, conforme classificação de atividades experimentais propostas

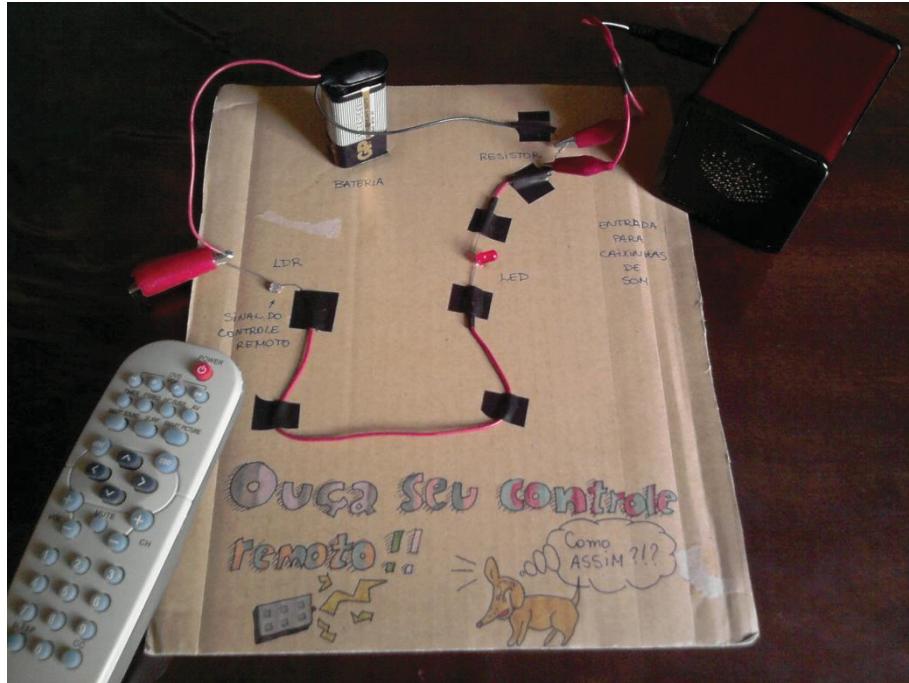


Fig. 1 – Circuito montado do experimento “Ouça seu controle remoto!”.

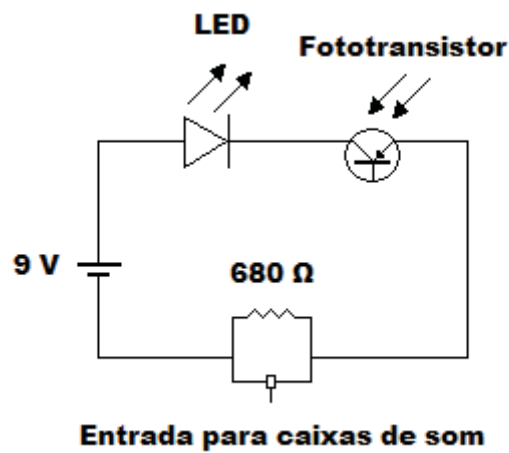


Fig. 2 – Esquema do circuito do experimento.

por Araújo e Abib (2003). Essa atividade prioriza os aspectos qualitativos do fenômeno o qual se pretende estudar, não havendo coleta de dados quantitativos. Logo, o efeito fotoelétrico poderá ser abordado de forma mais conceitual.

O próprio professor pode executar o experimento para toda a turma. No entanto, é importante que ele também dê liberdade para que os próprios alunos mexam no experimento e coloquem as suas ideias a respeito do que observam, propiciando, assim, a interação social em sala de aula. Para facilitar a interação alunos-professor-experimento, as carteiras devem estar dispostas na sala em forma de semicírculo (forma de U).

III.2 O efeito fotoelétrico

Alguns livros didáticos adotados no Ensino Médio (PIETROCOLA *et al.*, 2011; NICOLAU *et al.*, 2001; GASPAR, 2009) apresentam a teoria sobre o efeito fotoelétrico e podem ser pesquisados pelo professor para o planejamento da aula. Além disso, ele pode encontrar esse conteúdo nos artigos de Valadares e Moreira (1998) e de Rocha Filho *et al.* (2006).

Nossa proposta é apresentar aos alunos algumas aplicações tecnológicas do efeito fotoelétrico, contextualizando o fenômeno. A seguir, apresentamos algumas dessas aplicações.

O efeito fotoelétrico foi inicialmente observado por Hertz, em 1887, quando estudava a geração e a detecção de ondas eletromagnéticas. No entanto, a sua explicação envolveu grandes polêmicas teóricas e só foi estabelecida em 1905, por Einstein. Apesar disso, o fenômeno foi rapidamente utilizado pela indústria eletrônica na criação de componentes sensíveis à luz, os chamados elementos fotossensíveis. No experimento “Ouça seu controle remoto!”, o LDR é o elemento fotossensível.

Os elementos fotossensíveis se baseiam em dois processos distintos: **emissão fotoelétrica** (ou seja, a emissão de fotoelétrons) e quebra de ligações covalentes em semicondutores devido à ação dos fótons, o chamado **efeito fotoelétrico interno**. Válvulas fotomultiplicadoras, válvulas captadoras de imagens e células fotoelétricas funcionam por meio de emissão fotoelétrica e são utilizadas, por exemplo, em circuitos que controlam automaticamente portas de entrada e saída, prensas, câmeras fotográficas e em aparelhos que reconstróem sons em películas cinematográficas. O LDR é semicondutor e funciona devido ao efeito fotoelétrico interno.

A *célula fotoelétrica à vácuo* é um exemplo de componente que opera por meio da **emissão fotoelétrica**. A célula fotoelétrica é utilizada em painéis solares,

para geração de energia elétrica limpa. É composta basicamente por um cátodo fotossensível (chamado fotocátodo) e de um ânodo coletor de elétrons (os fotoelétrons emitidos pelo fotocátodo) sob a forma de um anel ou um fio colocado à frente do fotocátodo. Ambos, o fotocátodo e o ânodo, ficam dentro de um bulbo selado. A Fig. 3 apresenta um esquema simplificado da célula fotoelétrica à vácuo.

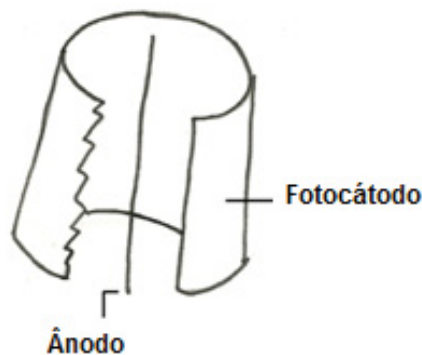


Fig. 3 – Esquema simplificado de uma célula fotoelétrica à vácuo.

O fotocátodo tem grande área e é composto por material com menor função trabalho possível, garantindo maior eficiência possível do dispositivo. Para células que operam com radiação na faixa da luz visível, utilizam-se os metais alcalinos, em especial o césio. O ânodo, por sua vez, é pequeno para obstruir o menos possível a passagem dos raios luminosos para o fotocátodo. Algumas válvulas possuem gás no bulbo, para aumentar a corrente de saída (nesse caso, no ânodo são captados os fotoelétrons oriundos do fotocátodo mais os elétrons resultantes da ionização do gás no bulbo). Quando iluminado com a radiação solar, o fotocátodo emite os fotoelétrons que são captados pelo ânodo. Esses fotoelétrons captados pelo ânodo geram corrente elétrica no circuito onde a célula é ligada. Basicamente, é dessa forma que esse tipo de elemento fotossensível funciona. Ao identificar variação de intensidade luminosa, esse elemento altera a intensidade de corrente em um circuito, devido à emissão dos fotoelétrons.

O **efeito fotoelétrico interno** é o processo que permite o funcionamento de *resistências fotoelétricas* (LDR), ou de outros dispositivos que transformam a energia luminosa em elétrica: fotômetros (permitem avaliar a intensidade da iluminação a partir da corrente elétrica) ou pilhas solares utilizadas em foguetes espaciais.

ais ou em alguns tipos de calculadoras portáteis. Esses dispositivos são compostos por materiais semicondutores. A ação dos fótons incidentes nesses materiais causa a quebra de ligações covalentes, o que aumenta o número de elétrons livres na banda de condução do material, alterando, assim, a resistência do dispositivo e, conseqüentemente, a corrente no circuito. Para mais detalhes sobre o funcionamento de um semicondutor, consulte Cavalcante *et al.* (2002).

Para finalizar, outra aplicação tecnológica que utiliza dispositivos que transformam luz em sinais elétricos são as *câmeras fotográficas e de vídeo digitais*. Para registrar a imagem digital, essas câmeras utilizam um CCD (*Charge-Couple Device*, ou dispositivo de carga acoplada), formado por sensores fotoelétricos feitos de material semicondutor. Nessas câmeras, a imagem é formada por um conjunto de lentes que a projeta nos sensores do CCD. Cada um desses sensores transforma a luz recebida em sinal elétrico, registrado pela câmera, como a imagem digital. Quanto mais fótons são recebidos pelo sensor, maior é a corrente gerada. Cada sensor fotoelétrico do CCD corresponde a um pixel da imagem.

Mais detalhes acerca da emissão fotoelétrica e do efeito fotoelétrico poderão ser encontrados em Caruso e Oguri (2006).

IV. Considerações finais

A atividade experimental pode ser um ótimo recurso para as aulas de Física ao despertar emoções positivas nos alunos, tal como a curiosidade e o estranhamento, o que causa uma motivação inicial em aprender. O uso do experimento em questão para abordar o efeito fotoelétrico, mediante uma abordagem interativa e articulada com algumas aplicações tecnológicas vivenciadas no cotidiano, pode despertar essas emoções, que, se usadas de forma adequada pelo professor, podem manter a atenção inicial despertada no aluno e a sua disponibilidade em aprender.

Além disso, a utilização dessas atividades pode tornar conceitos abstratos, como os da Física Moderna, mais acessíveis aos alunos.

Além do efeito fotoelétrico, o experimento “Ouça seu controle remoto!” também permite ao professor abordar outros conteúdos, como eletricidade (circuitos elétricos, corrente elétrica, resistores, geradores) e ondas eletromagnéticas (infravermelho e outras formas de radiação). A articulação entre diferentes áreas da Física é importante para trabalhar a visão fragmentada que os alunos têm da disciplina e lhes mostrar que tudo se inter-relaciona.

Bibliografia

ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 2, p. 176-194, jun. 2003.

CARUSO, F.; OGURI, V. **Física Moderna – Origens Clássicas e Fundamentos Quânticos**. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2006. 600 p.

CAVALCANTE, M. A. O ensino de uma nova física e o exercício da cidadania. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 21, n. 4, p. 550-551, dez. 1999.

CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C. **Física Moderna Experimental**. 2. ed. Barueri: Editora Manole, 2007. 132 p.

CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C. **Ouvindo um controle remoto!!!**
Disponível em:
<<http://fisicamodernaexperimental.blogspot.com.br/search/label/Radio%20Laser>>.
Acesso em: 2 jul. 2012.

CAVALCANTE, M. A. **Plano de aula – Transmissão de sinais sem fio – prof. Orivaldo**. Disponível em: <<http://picjrintelpucsp.blogspot.com.br/2009/11/plano-de-aula-transmissao-de-sinais-sem.html>>. Acesso em: 2 jul. 2012.

CAVALCANTE, M. A.; SOUZA, D. F.; MUZINATTI, J. Uma aula sobre o Efeito Fotoelétrico no desenvolvimento de competências e habilidades. **Física na Escola**, v. 3, n. 1, p. 24-29, 2002.

GASPAR, A. **Física 3: Eletromagnetismo e Física Moderna**. 2. ed. São Paulo: Ática, 2009.

GASPAR, A. Cinquenta anos de ensino de física: muitos equívocos, alguns acertos e a necessidade do resgate do papel do professor. In: ENCONTRO DE FÍSICOS DO NORTE E NORDESTE, XV, 1997, Natal. **Atas...** Natal, 1997.

LOZADA, C. O. **O essencial invisível aos olhos: uma viagem divertida e colorida pela estrutura da matéria através de uma sequência ensino**. Aprendizagem para a introdução de física de partículas elementares na 8ª série do ensino fundamental. 2007. 424 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Cruzeiro do Sul, São Paulo.

MESQUITA, D. S. M. **Matéria e radiação: uma abordagem contextualizada ao ensino de física.** 2011. 101 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, Universidade de Brasília, Brasília.

MONTEIRO, I. C. C.; GASPAR, A. Um estudo sobre as emoções no contexto das interações sociais em sala de aula. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 12, n. 1., p. 71-84, 2007.

MONTEIRO, M. A. A.; MONTEIRO, I. C. C.; VILLANI, A.; GASPAR, A. Motivação e interação social: o discurso do professor em uma atividade de demonstração. In: ENCONTRO NACIONAL ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, VI, 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ABRAPEC, 2007. (CD-ROM. p. 1-12)

NICOLAU, G. F. *et al.* **Física: ciência e tecnologia.** São Paulo, Moderna. 2001. v. único.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Atualização do currículo de física na escola de nível médio: um estudo dessa problemática na perspectiva de uma experiência em sala de aula e da formação inicial de professores. **Caderno Catarinense de Ensino Física**, Florianópolis, v. 18, n. 2, p. 135-151, ago. 2001.

OSTERMANN, F.; MOREIRA M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “física moderna e contemporânea no ensino médio”. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 5, n. 1, p. 23-48, 2000.

PIETROCOLA, M. *et al.* **Física em contextos: pessoal, social e histórico: eletricidade e magnetismo, ondas eletromagnéticas, radiação e matéria.** 1. ed. São Paulo, FTD. 2011. v. 3.

PIETROCOLA, M.; OFUGI, C. D. R. Análise de artigos sobre ensino de relatividade restrita pela transposição didática. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 7, 2000, Florianópolis. **Atas...** São Paulo: SBF, 2000, p. 1-13.

REZENDE JÚNIOR, M. F.; CRUZ, F. F. S. Física moderna e contemporânea na formação de licenciandos em física: necessidades, conflitos e perspectivas. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 15, n. 2, p. 305-21, 2009.

ROCHA FILHO, J. B.; SALAMI, M. A.; HILLEBRAND, V. Construção de uma célula fotoelétrica para fins didáticos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 28. n. 4, p. 555-561, 2006.

TERRAZZAN, E. A. A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º Grau. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 9, n. 3, p. 209-214, dez. 1992.

VALADARES, E. C.; MOREIRA, A. M. ensinando física moderna no segundo grau: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 15, n. 2, p. 121-135, ago. 1998.