

Um “rádio de luz” para a introdução de tópicos de física moderna no Ensino Médio: Sequência didática usando a metodologia Arco de Maguerez

N.F. Coelho¹, P.J.P. de Oliveira^{1,#},
E. Rodrigues Junior¹, T.D. Admiral²,
J.C.M. Silva¹ e R.C.F. de Oliveira¹

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, Campus Cachoeiro de Itapemirim, ES, Brasil.

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.

RESUMO

As metodologias ativas têm se mostrado alternativas para a prática docente diante da realidade do estudante atual, que tem acesso instantâneo à informação, bastando acessar o Google pelo celular. Diante desse cenário, no presente trabalho é apresentada uma sequência didática utilizando a metodologia ativa Arco de Maguerez para ensinar a emissão e a recepção de ondas eletromagnéticas e semicondutores por meio de um experimento conhecido como rádio de luz. A sequência didática foi construída para ser aplicada em quatro aulas para uma turma de 3º série do Ensino Médio. O arco de Maguerez conduz a aprendizagem começando (visualização do experimento) e terminando (aplicações) na realidade, além de promover a autonomia do estudante e a socialização do conhecimento entre os colegas. Pelo fato de o experimento ser de baixo custo e de fácil montagem e pela simplicidade da sequência didática, além de abordar física moderna, acreditamos que a presente proposta contribuirá com a formação de professores em atividades práticas e com a inclusão de atividades práticas de física moderna no Ensino Médio.

Palavras-chave: ensino de física; ondas eletromagnéticas; arco de Maguerez

1. Introdução

Devido aos avanços tecnológicos, os estudantes atuais têm acesso à informação quase que instantaneamente pelo celular. É possível encontrar aulas prontas, cursos, palestras, exercícios resolvidos, na palma da mão. Essa situação desafia o ensino tradicional e tem motivado a comunidade científica a buscar metodologias de ensino alternativas que possam orientar o professor durante o planejamento e a realização das suas aulas [1, 2]. Outra situação problemática, além dessa mencionada, é a escassez de laboratórios de física, ou de equipamentos adequados para realização de experimentos, especialmente no que se refere à física moderna [3]. Ainda podemos acrescentar a dificuldade encontrada por alguns professores em trabalhar o conteúdo de física moderna no Ensino Médio.

Devido a essa situação, é crescente o número de propostas experimentais de baixo custo e de fácil execução [3, 4], especialmente associadas às metodologias ativas.

As metodologias ativas têm se mostrado promissoras, uma vez que colocam o estudante como ator principal de sua aprendizagem e o professor assume o papel de orientador e auxiliar ao longo do processo [5-7]. Alguns exemplos de metodologias ativas são: 1 - *Peer instruction* [8], ou Instrução por colegas (IpC) [5, 7]; 2 - Ensino sob medida [9]; 3 - Sala de aula invertida [10]; 4 - Estudo de caso [11-12]; 5 - Pedagogia por projetos e por meio da resolução de problemas [13]; 6 - Sequência de ensino investigativo [14]; 7 - Demonstração de aulas

interativas [15] e 8 - Arco de Maguerez [16, 17]. São bem conhecidos na comunidade científica os motivos de os professores encontrarem dificuldades em realizar atividades experimentais nas escolas de Ensino Médio [18]. Dentre eles, podemos citar a falta de laboratórios e de formação para trabalhar atividades experimentais, além do tempo insuficiente para as aulas de física e a carga de trabalho alta do professor [18, 19]. Pensando em contribuir com os desafios mencionados acima, este trabalho apresenta uma proposta de sequência didática, combinada com um experimento de baixo custo, desenvolvida por meio da metodologia ativa arco de Maguerez, como atividade prática para o ensino da emissão e recepção de ondas eletromagnéticas, da dualidade onda e partícula e também da física dos semicondutores.

A sequência didática foi desenvolvida para ser aplicada no Ensino Médio,

podendo ser adaptada para ser aplicada em uma turma de graduação e em um curso de formação de professores, uma vez que a literatura tem indicado a necessidade de capacitação dos professores em atividades práticas [19]. Porque fazem parte da nossa rotina, as ondas eletromagnéticas representam um tema atrativo para a realização de uma atividade prática. Dentre suas aplicações pode-se destacar: no radar, na transmissão de TV, rádio e telefonia, nos raios X e laser, nas micro-ondas e em sensores em geral, na radioterapia, no controle de satélites e no estudo da própria luz solar que possibilita a vida na Terra [20-22]. A dualidade onda e partícula e o diodo (semicondutor)

As metodologias ativas têm se mostrado promissoras, uma vez que colocam o estudante como ator principal de sua aprendizagem e o professor assume o papel de orientador e auxiliar ao longo do processo

#Autor de correspondência. E-mail: paulojoseo@ifes.edu.br.

fazem parte da física moderna e contemporânea (FMC). É bem conhecida na literatura a carência de ensino de FMC no Ensino Médio e seus motivos [23-26]. Assim, o presente trabalho também proporcionará mais um material para auxiliar o professor com o ensino de tópicos relacionados à FMC nesse nível de ensino. A seguir apresentaremos, na seção 2, o experimento e os materiais utilizados; na seção 3, a metodologia do arco de Maguerez; na seção 4, a proposta de sequência didática, e, por fim, na seção 5, as considerações finais.

2. Experimento

Trata-se do rádio à luz, idealizado por Cavalcante e Tavolaro [27]. Na Fig. 1 tem-se o circuito do experimento.

Na Fig. 1, podemos observar duas montagens independentes. Na primeira, à esquerda, tem-se o circuito transmissor e à direita, o circuito receptor. Para montar o experimento, utilizamos os seguintes materiais e ferramentas:

Para o circuito transmissor:

- 3 pilhas de 1,5 V;
- 1 resistor de 680 Ω de 1/4 W;
- 1 LED branco;
- pequeno pedaço de mangueira de jardim;
- copo descartável de maionese;
- cola quente;
- um celular;
- plugue tipo P2;
- ferro de solda.

Para o receptor, além de cola quente e ferro de solda, foram utilizados:

- 1 resistor de 680 Ω de 1/4 W;
- 1 bateria de 9 V;
- 1 caixa de som;
- 1 LDR modelo GL5528 com diâmetro de 5 mm (fotodiodo);
- plugue tipo P2;
- um pote de sorvete vazio.

Na Fig. 2 são mostrados os dois circuitos prontos.

Na Fig. 3 tem-se uma foto mais de perto do circuito:

Para a construção do circuito, foram seguidos os seguintes procedimentos, conforme descritos abaixo:

1. O pequeno pedaço de mangueira foi utilizado para construir um compartimento para colocar as pilhas.
2. Para colar o compartimento das pilhas em um pedaço de madeira de 50 cm usamos cola quente.
3. O copo descartável de maionese foi cortado ao meio para servir como um suporte para o LED (Fig. 4).

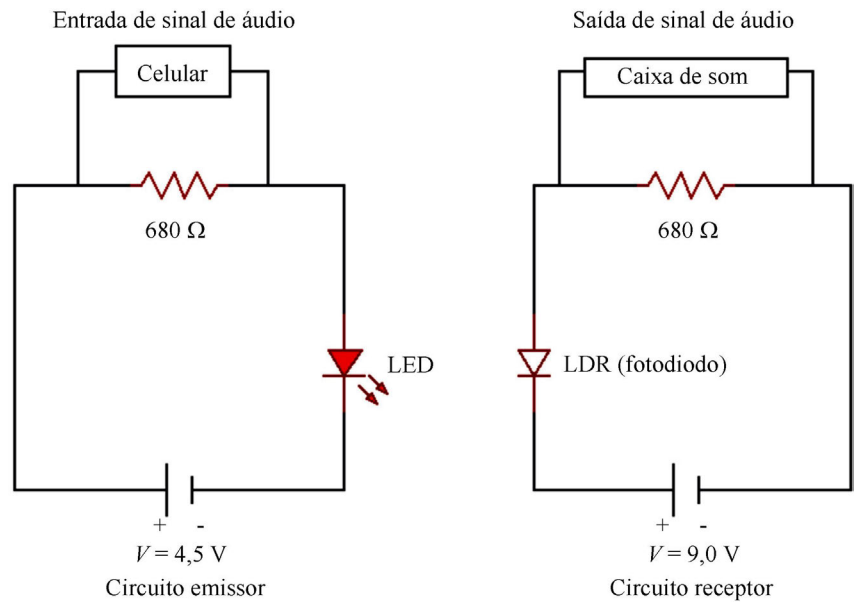


Figura 1 - Diagramas dos circuitos emissor e receptor de ondas eletromagnéticas. Fonte: Ref. [27].

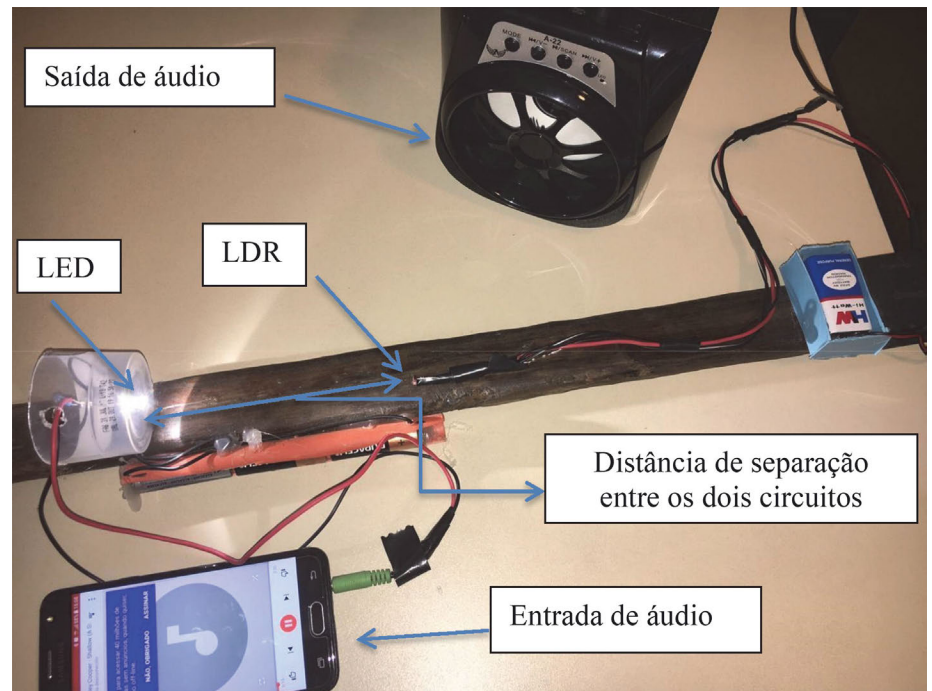


Figura 2 - circuito após a montagem em funcionamento.

4. Com o plástico do pote de sorvete foi construído um compartimento para a bateria (Fig. 5).
5. As resistências e os plugues foram soldados.

Como sugestão, a Ref. [28] traz orientações para utilização do ferro de solda para soldagem dos componentes.

O experimento funciona da seguinte forma: a música do celular é enviada para o LED através de uma corrente

elétrica da mesma forma que som de um microfone “viaja” por um fio condutor. Ao atingir o LED, ocorre o fenômeno conhecido como recombinação, isto é, o decaimento de elétrons da banda de condução (nível de energia mais alto) para a banda de valência (nível de energia mais baixo), com emissão de fótons de luz (luz do LED) [29]. Esses fótons emitidos pelo LED viajam através do espaço na forma de ondas eletromagnéticas com uma frequência de



Figura 3 - Imagem mais próxima do circuito, onde podemos ver as pilhas ligadas em série, bem como o LDR à direita.

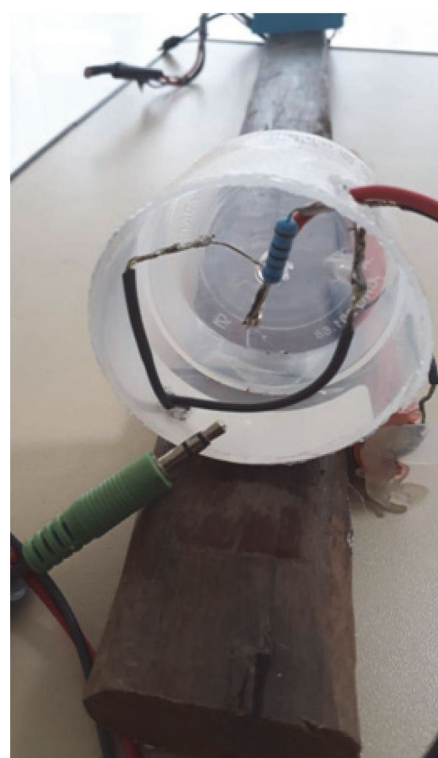


Figura 4 - Circuito emissor.

oscilação na qual se encontra a informação da música, da mesma forma que o som de uma estação de rádio ou sinal de TV viaja pelo espaço. Os fótons são “captados” pelo LDR, que é composto por um material semiconductor fotocondutivo, como o sulfeto de cádmio (CdS), que é sensível à luz [25]. Os fótons transferem sua frequência (a música)

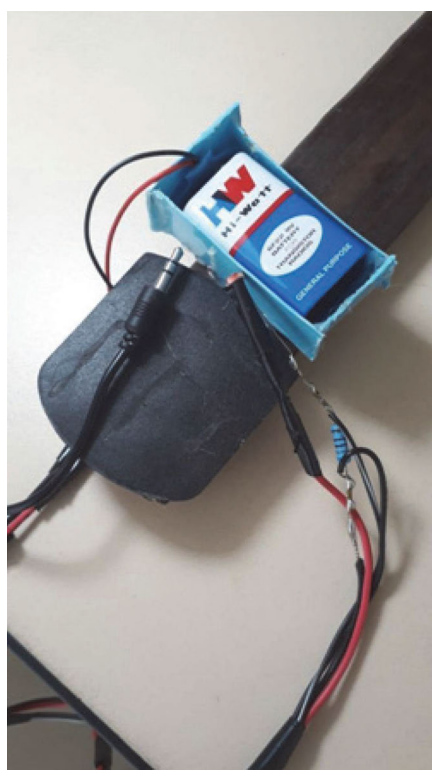


Figura 5 - Circuito Receptor.

para os elétrons no LDR, que são promovidos da banda de valência para a banda de condução, gerando uma corrente no circuito. Essa corrente que “carrega a música” é enviada para o alto-falante, que amplifica esse sinal e o transforma em ondas sonoras, tornando possível ouvirmos a música. Fizemos um teste no experimento e foi pos-

sível captar a música até uma distância de aproximadamente um metro entre o LED e o LDR. Quanto maior a distância do LED, menos intensa era a luz captada no LDR e, conseqüentemente, o volume do som era menor. Um vídeo mostrando o funcionamento do experimento pode ser acessado na Ref. [30]. Assim, no experimento podemos notar os seguintes pontos: 1 - A mudança de tratamento de onda para partícula (fótons) quando a onda eletromagnética é “captada” na forma de fótons pelo LDR. 2 - A emissão (pelo LED) e recepção de sinal (pelo LDR) e 3) a física dos semicondutores envolvida (pelo LED e o fotodiodo LDR). A seguir, vamos apresentar a metodologia arco de Maguerez e a proposta de sequência didática para o ensino desse experimento.

3. Breve descrição do arco de Maguerez

Os divulgadores do método do arco de Maguerez foram Adair Martins Pereira e Juan Diaz Bordenave, na obra *Estratégias de ensino-aprendizagem*, base que deu fundamento à conhecida metodologia da problematização [31]. Essa metodologia é apresentada na Fig. 6, na qual se nota o conjunto de etapas que formam o processo metodológico da problematização.

O primeiro passo da metodologia é a observação da realidade concreta. Nessa etapa, o “professor apresenta aos alunos alguma situação extraída da realidade que se relaciona ao conteúdo científico que se pretende ensinar. A partir disso, os alunos são estimulados a refletir sobre tal situação e expressar seus pontos de vista sobre ela” [16, p. 37]. Assim, cabe ao aluno registrar e identificar nessa realidade alguma contradição, falha, conflito e confrontar essa realidade com os saberes que já possui. Nesse confronto de realidade, inicia-se o exercício da problematização, momento no qual o estudante levanta questões (problemas) baseadas na realidade observada. Ao docente cabe sugerir aos alunos questões mais gerais, visando nortear o processo inicial de observação da realidade [16, 17, 31].

De posse da formulação do problema, inicia-se a segunda etapa, que é a determinação dos pontos-chave. Segundo Colombo e Berbel [17, p. 125], os pontos-chave podem ser “[...] questões básicas que se apresentam para o estudo; afirmações sobre aspectos do problema; tópicos a serem investigados”. Assim, os estudantes precisam determinar uma faceta específica do problema,

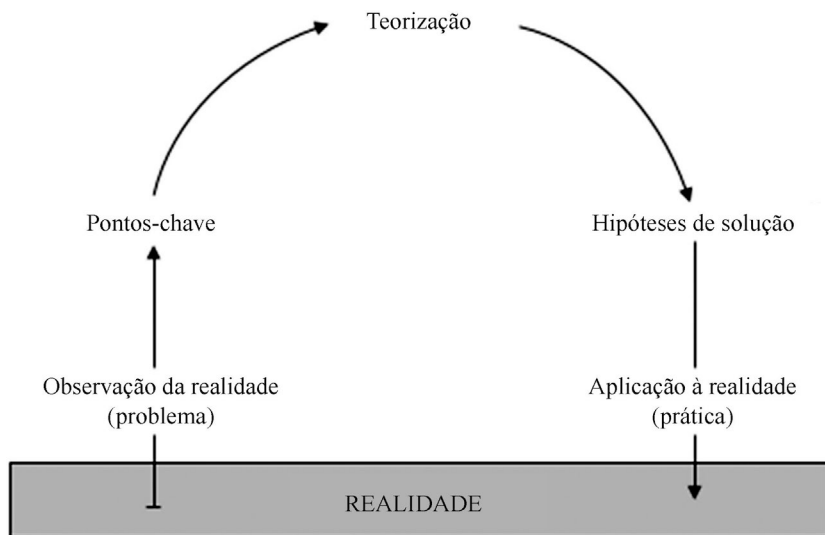


Figura 6 - Etapas do Arco de Magueres: Fonte: Villardi, Cyrino e Berbel [31, p.46].

realizando reflexões que delimitem mais ainda o objeto escolhido, sempre fazendo relação com os aspectos observados na realidade para assim escolherem os pontos que indicam os caminhos para alcançar a solução do problema inicial. Nessa reflexão, o professor tem o papel de orientar os educandos a construir uma síntese da qual constarão todos os pontos a serem estudados, investigados [31].

A terceira etapa é a fase investigativa “na qual os alunos vão buscar resolver o problema, através de uma base científica. Nessa etapa, o professor é fundamental, no sentido de conduzir o aluno na construção do conhecimento” [16, p. 37]. É um momento dinâmico, pois os alunos precisam ir a campo buscar informações e conhecimentos em diferentes fontes sobre o problema levantado, por meio de entrevistas, pesquisa bibliográfica, busca de especialistas, vídeos, páginas da internet e outros. Em seguida, os alunos deverão sistematizar, analisar e interpretar as informações colhidas e identificar aquelas que podem ajudar a solucionar o problema inicial (questões levantadas na primeira etapa) [31].

A quarta etapa é a hipótese de solução. Segundo Villardi, Cyrino e Berbel [31, p. 48], é uma:

Etapa em que o potencial criativo e o reflexivo são mobilizados para o aluno pensar de modo inovador. Algumas

questões que podem ser feitas nessa etapa são: O que é necessário para chegar a uma solução para o problema? O que deve ser providenciado? O que pode ser feito de fato?

Nela, os discentes podem sugerir e propor ideias que poderão ser consideradas nas ações para resolver o problema ou indicar passos nesse sentido. Além disso, deverá ser formulado o conjunto de hipóteses de solução ou alternativas para solucionar o problema.

Por fim, na última etapa, com a definição das hipóteses de solução do problema, são escolhidas as propostas mais exequíveis e viáveis, que deverão ser concretizadas. Desse modo, ao serem colocadas em prática, contribuirão para solucionar o

problema integral ou parcialmente, possibilitando a transformação de fato da realidade estudada [31]. É uma etapa “que possibilita o intervir, o exercitar, o manejar situações associadas à solução do problema” [17, p. 125]. Assim, os estudantes têm a oportunidade de aplicar tudo o que aprenderam com o estudo da realidade, transformando-a em algum grau. Ainda que não seja possível a aplicação prática do que foi estudado, é “importante garantir alguma forma de aplicação concreta do que foi estudado, mesmo que se limite à ação de socializar o conhecimento adquirido” [31, p. 48].

Em síntese, o arco de Magueres é composto de cinco etapas das quais a

realidade é o ponto de partida e de chegada. Seu principal objetivo “é [...] fazer com que os alunos consigam transformar a realidade por intermédio do conhecimento científico” [16, p. 38].

4. A sequência didática proposta

Considerando o número de aulas de física em uma turma de 3ª série do Ensino Médio (duas aulas por semana), a sequência didática foi desenvolvida para ser aplicada em quatro aulas de 50 minutos. Entretanto, como algumas atividades envolvem debates que têm tempo incerto de duração, a sequência pode precisar de mais uma aula de 50 minutos. A sequência foi desenvolvida seguindo as etapas do arco de Magueres. Inicialmente, foram definidos os objetivos de aprendizagem:

4.1. Objetivos de aprendizagem

4.1.1. Geral:

- Compreender os conceitos físicos relativos às ondas eletromagnéticas e suas aplicações tecnológicas envolvidos na comunicação sem fio.

4.1.2. Específicos:

- Compreender os conceitos de campos elétricos e magnéticos induzidos e espectro eletromagnético;
- analisar o funcionamento de algumas aplicações tecnológicas que envolvem as ondas eletromagnéticas, tais como: televisão, forno de micro-ondas, telefone celular, rádio e radar;
- desenvolver e avaliar a habilidade dos alunos no manuseio de equipamentos eletrônicos e de circuitos elétricos;
- entender o funcionamento de alguns componentes eletrônicos, tais como o fotoresistor LDR, as placas solares, os sensores, o diodo e o diodo emissor de luz (LED);
- avaliar os conceitos abordados durante as aulas (conceitual), bem como avaliar o desempenho dos alunos durante a coleta de dados experimentais (procedimental).

A seguir, são detalhados os passos de cada etapa:

4.2. 1ª Etapa: Observação da realidade (1 aula de 50 minutos)

- Apresentar o experimento para os estudantes. Os alunos deverão observar o experimento e refletir sobre as seguintes questões: Como o som saiu de um lugar e foi para o outro? O

que há de especial nos componentes desse circuito que permitiu essa comunicação? Nesse ponto, o professor solicitará que os estudantes anotem e desenhem em uma folha de papel a percepção que eles tiveram ao visualizar o experimento. Paralelamente, o professor deverá anotar suas observações.

- Após essa etapa, o professor apresentará para os alunos vídeos sobre comunicação, textos, notícias, isto é, uma série de materiais que permita aos alunos entender a importância da comunicação e vislumbrar a tecnologia por trás dela e, com isso, ficar sensibilizados para solucionar o problema inicial. Como sugestão, nas Refs. [32-35] são disponibilizados alguns exemplos de vídeos.

4.3. 2ª Etapa: Pontos-chave (1 aula de 50 minutos)

- É proposto aos alunos que, em grupos, elaborem um pequeno texto sobre a comunicação e suas tecnologias. Tais textos serão lidos pelos próprios alunos durante a aula e o professor destacará no quadro os principais aspectos (pontos-chave) apontados pelos estudantes como importantes para compreender a questão inicial. Para otimizar o tempo, o professor pode sugerir que os estudantes elaborem os textos em casa, para serem lidos na aula.

4.4. 3ª, 4ª e 5ª etapas (2 aulas de 50 minutos)

4.5. 3ª Etapa: Teorização

- Tendo como referência os pontos-chave, o professor explicará os conceitos científicos por trás do experimento. Com essa base científica, começa-se a investigação em que os alunos vão tentar responder ao questionamento inicial.

4.6. 4ª Etapa: Hipóteses de solução

- Nessa etapa, espera-se que, com base no que aprenderam, os alunos, em grupos, apresentem hipóteses de soluções para o problema inicial. Espera-se que os discentes consigam chegar às seguintes conclusões:

1. Que o LED funciona como um emissor de onda eletromagnética e o LDR é um fotoresistor que funciona

como um receptor de sinal.

2. Que a corrente elétrica no circuito emissor ao atingir o LED provoca transições eletrônicas, isto é, elétrons saltam do nível mais alto para o mais baixo, emitindo luz (fótons ou onda eletromagnética). Essas ondas, formadas por variações de campos elétricos e magnéticos, viajam no espaço, com uma frequência específica (como se fosse uma identidade) e são captadas pelo LDR, que é um dispositivo sensível a luz. No LDR, elétrons saltam do nível mais baixo (banda de valência) para o mais alto (banda de condução), reduzindo sua resistência elétrica e, conseqüentemente, gerando uma corrente no circuito. Essa corrente oscila com a mesma frequência que a onda eletromagnética. Quando chega na caixa de som, essa frequência é amplificada e convertida para a frequência sonora e assim é possível ouvir a música.

O experimento permite trabalhar aplicações e conceitos importantes na física e na engenharia, tais como a emissão e a recepção de sinais e a física de semicondutores

4.7. 5ª Etapa: Aplicação na realidade

- Esse é o momento em que os alunos aplicarão em sua realidade as hipóteses de solução elaboradas, permitindo aos discentes a possibilidade de transformar o meio em que vivem. Espera-se que os alunos consigam conectar os conceitos aprendidos com as várias aplicações no dia a dia, como os painéis solares, que funcionam por efeito fotovoltaico. Nesse ponto, poderia ser inserida uma reflexão sobre, por exemplo, o uso excessivo do celular — embora seja uma tecnologia revolucionária no mundo, tem, segundo as pesquisas, gerado efeitos colaterais como a dificuldade de sociabilização, o isolamento, a ansiedade e a depressão [36, 37].

5. Considerações finais

O experimento é de baixo custo e a montagem apresentada utiliza materiais reutilizados para fixar os componentes. Os materiais aproveitados (pedaços de plástico e madeira) junto

com a cola quente podem ser um atrativo para estimular a criatividade dos estudantes, caso queiram montar uma versão para eles, além de ser uma opção economicamente viável em contextos educacionais com pouca estrutura.

Além do atrativo de a montagem ser composta por dois circuitos muito simples, o experimento permite trabalhar aplicações e conceitos importantes na física e na engenharia, tais como a emissão e a recepção de sinais e a física de semicondutores.

A proposta também atende à realidade enfrentada pelos professores que têm poucas aulas semanais de física com a 3ª série do Ensino Médio, pois foi ajustada para ser realizada para ser realizada com quatro aulas (duas semanas), com a opção de aumentar para cinco de acordo com a

necessidade.

Os passos do arco de Magueréz permitem que o estudante aprenda inicialmente vivenciando a realidade e, durante o processo, espera-se que ele desenvolva autonomia e segurança científica. Trata-se de um processo descontraído em que as informações são compartilhadas e que, ao seu término, se voltam para a realidade. Assim, a utilização do arco de Magueréz na presente proposta representa uma alternativa para trabalhar com a realidade do estudante atual.

A sequência didática também poderia ser ajustada para ser aplicada para uma turma de graduação ou de formação de professores; nesse caso, o professor deverá adequar os objetivos de aprendizagem e o tempo de aplicação.

Finalmente, é uma proposta que fornece mais uma estratégia para os professores realizarem aulas práticas e teóricas de física moderna no Ensino Médio - uma disciplina que, de acordo com a literatura, carece de aulas práticas e teóricas nesse nível de ensino.

Recebido em: 24 2020

Aceito em: 30 2020

Referências

- [1] D.F. Almenara, D.K.P. Tavares, L.B. De Souza, I.S.C. De Oliveira, C.M. Júnior, in: *XIII Semana da Física*, Ji-Paraná, nov., 2019. Disponível em <http://www.semanadafisica.unir.br/images/trabalhos/daniela2.pdf>, acesso em: 17 de Julho de 2020.
- [2] J. Paula, N. Figueiredo, D.P.A. Ferraz, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* **37**, 127-145 (2020).
- [3] T.D. Admiral, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **42**, e20200139 (2020).
- [4] E.M. Lopes, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* **21**, 258-264 (2004).
- [5] A.V.R. Araujo, E.S. Silva, V.L.B. De Jesus, A.L. De Oliveira, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **39**, e2401 (2017).
- [6] M.A. Moreira, *Estudos Avançados* **32**, 73 (2018).
- [7] A.B.A. Fiasca, *Aplicando Metodologias Ativas e Explorando Tecnologias Móveis em Aulas de Relatividade Restrita no Ensino Médio*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Macaé, 2018.
- [8] I.S. Araujo, E. Mazur, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* **30**, 362-384 (2013).
- [9] V. Oliveira, E. A. Veit, I. S. Araujo, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* **32**, 180-206 (2015).
- [10] T.E. de Oliveira, I.S. Araújo, E.A. Veit, *A Física na Escola*, **14**(2), 4-13 (2016).
- [11] L.P.E. Sá, S.L. Queiroz, *Estudo de Casos no Ensino de Química* (Átomo, Campinas, 2009), 95 p.
- [12] C.B. Hygino, V.S. Marcelino, M.P. Linhares, *Rencima* **6**, 1-19 (2015).
- [13] C. Boghi, D. M. Shitsuka, R. Shitsuka, *Educação & Linguagem* **20**, 143 (2017).
- [14] A.M.P. Carvalho, *Ensino de Ciências por Investigação - Condições para Implementação em Sala de Aula* (Cengage Learning, São Paulo, 2013), 164 p.
- [15] M.C. Paranhos, M.L.R. Paranhos, L.C. Filho, J.R. Dos Santos, *Revista UNILUS Ensino e Pesquisa* **14**, 124 (2017).
- [16] M.M. Monteiro, V.S. Marcelino, *Revista de Educação, Ciências e Matemática* **8**, 33 (2018).
- [17] A.A. Colombo, N.A.N. Berbel, *Semina: Ciências Sociais e Humanas* **28**, 121-146 (2007).
- [18] P.A. Algeu, *Tópicos de Física Quântica no Ensino Médio Utilizando Simulações Computacionais*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Tocantins, 2018.
- [19] A.F. Dos Santos, G.E.R. De Paiva, M.L.A. Dos Santos, E.S. Rodrigues, *C&D-Revista Eletrônica da Fainor* **9**, 220-238 (2016).
- [20] A.M.R. Da Luz, B.A. Alvarez, *Curso de Física* (Scipione, São Paulo, 2011), v. 3, 1ª ed., p. 290-307.
- [21] J.R. Bonjorno, C.M. Ramos, E.P. Prado, V. Bonjorno, M.A. Bonjorno, R. Casemiro, R.F.S.A. Bonjorno, *Física: Eletromagnetismo e Física Moderna*. (FTD, São Paulo, 2016), 3ª ed., p. 184-200.
- [22] R. Helerbrock. *Brasil Escola: Ondas Eletromagnéticas*. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/o-que-sao-ondas-eletromagneticas.htm>, acesso em 30 de junho de 2020.
- [23] W.T. Jardim, A. Guerra, A. Chrispino, in: *Anais do Simpósio Nacional de Ensino de Física*, Manaus, 2011. Disponível em: <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xix/sys/resumos/T029-11.pdf>, acesso em: 03 de jun. 2020.
- [24] J. Loch, *Física Moderna e Contemporânea no Planejamento de Professores de Física de Escolas Públicas do Estado do Paraná*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, 2011.
- [25] P.J.P. De Oliveira, E. Rodrigues Junior, J.C.M. Silva, N.A. Da Silva, *A Física na Escola*, **18**(1), 30-35 (2020).
- [26] L. Domingui, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **34**, 2502 (2002).
- [27] M.A. Cavalcante, C.R.C. Tavolaro. *Física Moderna Experimental* (Ed. Manole, Barueri, 2003).
- [28] Manual do Mundo: Como usar um ferro de solda, aula 4, vídeo 2. Março/2019. Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=MGbgyuVXRcI>. Acesso em: 15 Jul. 2020.
- [29] D. Halliday, R. Resnick, J. Walker, *Fundamentos de Física, Ótica e Física Moderna* (LTC, São Paulo, 2009), 8ª ed., p. 278-299.
- [30] N.F. Coelho, Experimento Rádio à Luz - Física Moderna. Maio/2020. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=TdxtAWWWbp0&t=62s>. Acesso em: 07 Jul. 2020.
- [31] M.L. Villardi, E.G. Cyrino, N.A.N. Berbel. *A Problematização em Educação em Saúde: Percepções dos Professores Tutores e Alunos* (Editora UNESP, São Paulo, 2015), 1 ed., p. 45-52.
- [32] Jornalismo TV Cultura, Ondas Eletromagnéticas. Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=KdUOhzUDGLM>. Acesso em 29 Set. 2020.
- [33] Aprenda Engenharia: Como funciona seu celular. Disponível em https://www.youtube.com/watch?v=7kBTz_ANgsk. Acesso em 29 Set. 2020.
- [34] Matheus Trindade, Evolução da tecnologia sem fio (Wireless) - Globo Ciência. Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=gVrd8QHqKxQ>. Acesso em 29 Set. 2020.
- [35] GreenBras Energia Limpa, Como funciona um painel solar fotovoltaico? Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=Z5C99L0CR1E>. Acesso em 29 Set. 2020.
- [36] G.E. Halabi, *EcoDebate: Uso Excessivo do Celular Pode Causar Dependência e Problemas Psicológicos*. Agos./2019. Disponível em <https://www.ecodebate.com.br/2019/08/06/uso-excessivo-do-celular-pode-causar-dependencia-e-problemas-psicologicos/>. Acesso em: 07 Jul. 2020.
- [37] A.L.S. King, A. E. Nard, A. Cardoso. *Nomofobia. Dependência do Computador, Internet, Redes Sociais? Dependência do Telefone Celular? O Impacto das Novas Tecnologias no Cotidiano dos Indivíduos* (Atheneu, São Paulo, 2014), 327 p.