

O RÁDIO COM ANTENA DE QUADRO: CONSTRUÇÃO, CONTEXTO FÍSICO E PRÁTICA EXPERIMENTAL NO ENSINO DA RESSONÂNCIA ELETROMAGNÉTICA

SQUARE LOOP ANTENNA RADIO: CONSTRUCTION, PHYSICAL CONTEXT AND EXPERIMENTAL PRACTICE IN THE EDUCATION OF ELECTROMAGNETIC RESONANCE

André Luíz Alves¹, Lucas Felipe Azeredo², Paulo Sérgio Moscon³, Breno Rodrigues Segatto⁴, Márcio Solino Pessoa⁵, Sérgio Sousa Bento⁶, Gustavo Viali Loyola⁷

¹Universidade Federal do Espírito Santo/Departamento de Ciências Naturais/andre.alves@ufes.br

²Universidade Federal do Espírito Santo /Licenciatura em Física, lucasfazeredo@gmail.com

³Universidade Federal do Espírito Santo/Departamento de Ciências Naturais/paulo.moscon@ufes.br

⁴Universidade Federal do Espírito Santo/Departamento de Ciências Naturais/breno.segatto@ufes.br

⁵Universidade Federal do Espírito Santo/Departamento de Ciências Naturais/marcio.pessoa@ufes.br

⁶Universidade Federal do Espírito Santo/Departamento de Matemática/ sergio.bento@ufes.br

⁷Universidade Federal do Espírito Santo/Departamento de Ciências Naturais/ gustavoviali@gmail.com

Resumo

Neste trabalho foi montado um sistema didático, usando o rádio com antena de quadro, para ensinar de forma diferenciada, fenômenos associados à emissão de ondas eletromagnéticas, lei de Faraday, ressonância e o princípio do funcionamento dos rádios. Trata-se de um projeto de Iniciação Científica Júnior (IC-jr) que objetivou levar a prática e aplicações da física para a sala de aula. A proposta é que durante a montagem do aparato experimental do rádio, os alunos possam interagir entre si e com o professor, através de uma aula mais participativa, dinâmica e diferenciada. O rádio construído se baseia em um capacitor acoplado em paralelo com um indutor (antena), formando um circuito ressonante LC. A variação do fluxo da componente magnética, de uma onda eletromagnética emitida por um transmissor, produz oscilações elétricas de mesma frequência no circuito do rádio, transmitindo sinais de áudio para um fone de ouvido. Os alunos foram capazes de compreender que variando a capacitância do capacitor, a percepção sonora melhorava e ao mesmo tempo, a amplitude do sinal, investigado com um osciloscópio, aumentava. Os mesmos identificaram que a frequência de oscilação natural do rádio, correspondia com a frequência da onda eletromagnética, constatando o fenômeno da ressonância.

Palavras-chave: Antena de quadro, ressonância, ondas eletromagnéticas, ensino.

Abstract

In this work, a didactic system was mounted, using a loop square antenna radio, to educate in a different way, phenomena associated with the emission of electromagnetic waves: Faraday's law, resonance and the principle of radios. It is a Junior Scientific Initiation project (IC-jr) that aimed to bring the practice and

applications of physics to the classroom. The proposal is that during the assembly of the experimental apparatus of the radio, students can interact with each other and with the teacher, through a more participative, dynamic and differentiated lesson. The built radio is based on a capacitor coupled in parallel with an inductor (antenna), forming an LC resonant circuit. The variation of the flux of the magnetic component of an electromagnetic wave emitted by a transmitter produces electrical oscillations of the same frequency in the radio circuit, transmitting audio signals to a headset. The students were able to observe that by varying the capacitance of the capacitor, the sound perception improved and at the same time, the amplitude of the signal, investigated with an oscilloscope, increased. The students identified that the natural oscillation frequency of the radio corresponded to the frequency of the electromagnetic wave, noting the phenomenon of resonance.

Keywords: Loop square antenna, resonance, electromagnetic waves, education.

Introdução

Novos métodos para o ensino de física se tornam cada vez mais necessários, visto que os jovens estão inseridos em um mundo mais tecnológico e com maior acessibilidade. As aulas de física despertam cada vez menos os interesses dos alunos, pois se ocupa muito tempo com assuntos tradicionais e fora de foco, que envolve a solução de problemas em situações que não fazem sentido prático para o aluno (MOREIRA, 2017; ALVES et al., 2017). Portanto, buscou-se criar um projeto de ensino, no qual a teoria é formulada com o auxílio da prática experimental, sempre que possível, tornando a aula mais dinâmica. Este projeto, denominado de Práticas Laboratoriais no Ensino de Física (PLEF), foi desenvolvido entre os anos de 2015 - 2017, composto por dez alunos bolsistas de IC-jr, dois graduandos monitores de IC e por professores da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). O mesmo foi desenvolvido na Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio (EEEFM) Cândido Portinari, no município de Sooretama - ES e, foi fomentado pela FAPES. Alguns resultados deste projeto foram promissores para o ensino da dinâmica de rotação, 3ª lei de Newton e máquinas térmicas. Estes temas foram apresentados no XXIISNEF, São Carlos, 2017 (ALVES et al., 2017).

Pretende-se neste trabalho, apresentar um aparato experimental, que foi construído pelos alunos integrantes: o rádio com antena de quadro. Além disto, objetiva-se investigar temas como lei de Faraday, ondas eletromagnéticas e ressonância, usando este aparato. Foram gastos um total de cinco aulas de 50 min na montagem pelos alunos da escola, pois toda a montagem/material foi minuciosamente planejada/preparada pelos monitores de IC. Para melhor compreensão do leitor, foi feita uma breve abordagem a assuntos pertinentes a comunicação por ondas de rádio.

Noções de Comunicação via Ondas de Rádio

A comunicação através do rádio se dá através de ondas eletromagnéticas, emitidas tridimensionalmente de uma estação emissora, podendo ser captadas em estações receptoras. A estação transmissora geralmente é composta por um circuito transmissor, integrado por um transdutor, um modulador, uma linha de transmissão e uma antena transmissora (NETTO, 2011). Por outro lado, a estação receptora é composta por uma antena receptora, uma linha de transmissão e um circuito

receptor, integrado por um demodulador e um transdutor de áudio. A linha de transmissão é utilizada para conduzir um sinal elétrico a uma antena, onde são geradas ondas eletromagnéticas, que transmitem as informações desejadas (GRIFFITS, 2011). A finalidade da antena receptora é converter uma parte da energia da onda eletromagnética em um sinal elétrico que, conduzido através da linha de transmissão até o receptor, é processada visando sua conversão final em ondas sonoras através de um sistema de alto-falantes.

No sistema de transmissão o transdutor, converte a onda sonora em sinais elétricos de mesma frequência. Entretanto, para tornar possível a transmissão de sinais eletromagnéticos, faz-se necessário, no modulador, “multiplicar” o sinal que se deseja transmitir, a um sinal denominado portador, em uma frequência relativamente maior (530 kHz a 108 MHz) (GONÇALVES, 2015). O sinal que se deseja transmitir carrega todas as informações, que compreendem as frequências de sons audíveis (16 Hz a 16 kHz), e é denominado de modulante. Assim a Amplitude (modulação AM) ou a Frequência (modulação FM) da onda portadora é modulada de acordo com a forma do sinal da modulante (GONÇALVES, 2015; NETO, 2011). A necessidade da modulação no sinal da onda transmissora se faz necessário para (i) redução de tamanho de antenas; (ii) redução de ruídos; (iii) permitir a seleção em frequências de uma das diferentes estações existentes (BALANIS, 2014).

Neste trabalho foi usada a modulação do tipo AM com o auxílio de um transmissor de ondas eletromagnéticas, que fez o “papel da estação de rádio”. Neste dispositivo a modulação da onda portadora é duplicada, nas chamadas bandas laterais. Na montagem mais simples do rádio com antena de quadro, um diodo é usado como filtro, evitando a duplicação de mensagens (FIGUEIREDO; TERRAZAN, 1987; BALANIS, 2014).

Materiais Utilizados

Na Figura 1 estão representados todos componentes usados na montagem do circuito do rádio. A antena (moldura branca) possui arestas de 40 cm com 10 voltas de fio de cobre 28 awg. Um multímetro do tipo LCR foi conectado em paralelo com a antena, medindo uma indutância de $(151,7 \pm 0,4) \mu\text{H}$, conforme especificações do aparelho. Um capacitor, de placas paralelas retirado de um rádio antigo, foi conectado em paralelo com o indutor.

A capacitância foi variada, por um botão de giro (botão de sintonia). Uma curva de calibração, utilizando um transferidor acoplado, foi obtida pelos alunos, visando associarem-se as marcações da escala do transferidor às respectivas frequências de oscilação naturais. Um diodo de Germânio tipo 1N34 foi conectado em série com um fone de alta impedância. Estes dois componentes são conectados em paralelo com o capacitor. Para a observação da onda transmitida, foi utilizado um osciloscópio de marca Minipa, modelo MO 2100. O cabo do osciloscópio que mede o sinal (positivo) foi conectado no pino vermelho, na saída do diodo, enquanto o cabo referencial (negativo) foi conectado ao pino preto, na saída do capacitor. A “estação emissora” consistiu de um transmissor de ondas médias AM de 1W de potência e seleção de frequências de 600 a 1500 kHz. A antena transmissora consistiu de um fio de 30 m de comprimento, esticado na horizontal, a 3 m de altura.

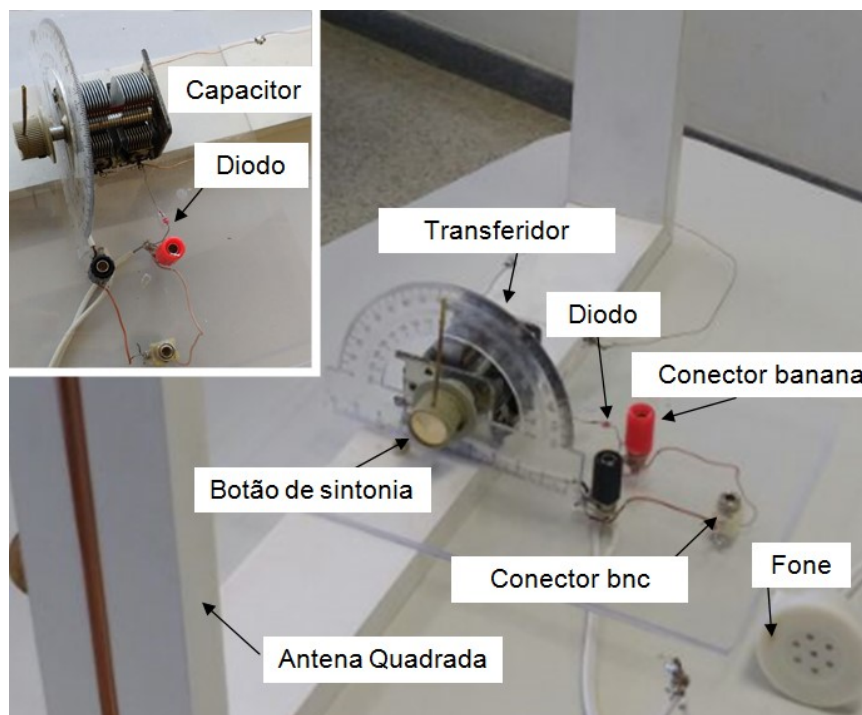


Figura 1 - Montagem do rádio com antena de quadro e todos os seus componentes.

Metodologias e Discussões

Funcionamento

Após a montagem do rádio, os alunos prosseguiram com a verificação experimental: um celular foi conectado na entrada de áudio do transmissor, que emitiu uma música, a uma determinada frequência. No fone de alta impedância do rádio, foi possível ouvir a música emitida através da antena, pelo transmissor e a percepção sonora, melhorava, ajustando a capacitância do capacitor. O som emitido, embora acompanhado de um leve ruído, teve uma potência satisfatória devido à proximidade com a antena. Em seguida, os monitores tiveram a tarefa de abordar o funcionamento do rádio, explicando temas como modulação e filtro pelo diodo. Isto foi feito de maneira mais fácil, recorrendo a uma ilustração esquemática tipo a da Figura 2. O funcionamento do rádio trouxe muito entusiasmo e empolgação por parte dos alunos e, foi esta a motivação que se buscou durante o aprendizado dos mesmos.

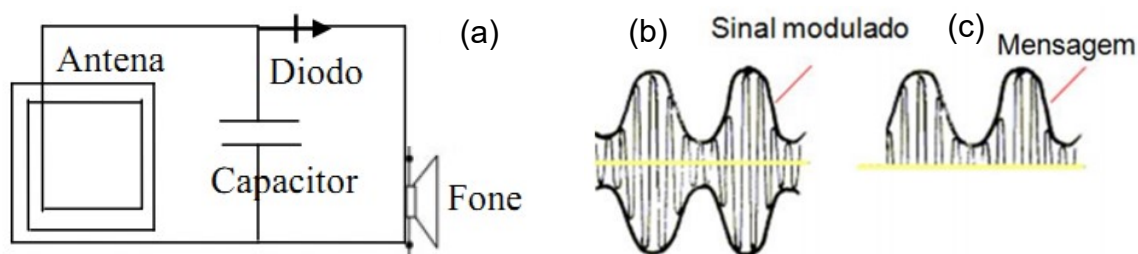


Figura 2 - (a) Diagrama da ligação dos componentes do rádio. (b) À direita, ilustração do sinal modulado, constituído da onda portadora de alta frequência e a modulação do sinal, nas chamadas bandas laterais superior e inferior, que carregam as informações a serem transmitidas (sinais de áudio). (c) A mensagem pode ser obtida através do filtro com o diodo, permitindo a passagem de apenas uma das bandas.

Princípios Básicos da Antena de Quadro

Para explicar o papel da antena no rádio, foi solicitado que os alunos fizessem um movimento oscilatório com um ímã, no interior da mesma. Observando a tensão, em milivolt, na saída do osciloscópio, os alunos perceberam que o movimento do ímã, gerava um sinal elétrico, sendo este sinal proporcional a frequência de oscilação do ímã, como esperado pela lei de indução de Faraday. A lei de Faraday foi facilmente compreendida pelos alunos, pois o fenômeno foi vivenciado na prática.

A prática experimental, prosseguiu com o auxílio do transmissor de ondas AM e o uso do osciloscópio. Os alunos observaram o surgimento de um sinal na tela do osciloscópio e com o ajuste adequado nas escalas de amplitude e período, eles perceberam que este sinal continha a mesma frequência do sinal proveniente do transmissor. Então, foi sugerido aos alunos que assim como o ímã, a onda eletromagnética desempenha o mesmo papel na antena: geração de sinal elétrico (LOUDET, 2013). Isto ocorre porque o campo magnético da onda eletromagnética é do tipo oscilante. Neste momento, foi feita uma breve explicação, de fenômenos ondulatórios, incluindo as ondas de rádio. De fato, os alunos apresentaram certa dificuldade nestes conceitos, o que foi contornado com o auxílio de figuras ilustrativas e vídeos do *you tube*.

Ressonância no Rádio

Durante a sintonia de uma determinada frequência, os alunos observaram que a percepção sonora só melhorava para determinados valores de capacitância. Neste momento, foi abordado o fenômeno da ressonância, onde foram usados sistemas mecânicos, como o sistema massa-mola e o pêndulo simples, cujas descrições foram mais fáceis de serem explicadas. Por analogia, foi explicado que assim como estes sistemas o circuito composto pela antena, de indutância L e, o capacitor, de capacitância C , também tem uma frequência de oscilação natural, de cargas elétricas, dada por $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$. Variando o valor de C , foi possível obter diferentes valores de frequência f_0 , visto que L é constante. Entretanto, para se obter os valores de C , foi necessário realizar uma curva de calibração em função do ângulo θ , obtido por meio de um transferidor acoplado ao capacitor (veja a Figura 1). Os monitores do projeto, intruíram os alunos na realização dos gráficos, usando o programa *Origin 8* (2009). O resultado obtido, da calibração do capacitor está apresentado na Figura 3(a). Logo em seguida, a turma foi dividida em grupos de três e quatro alunos, para verificar como a amplitude da tensão, em frequências específicas selecionadas no transmissor, variava com a frequência f_0 . Os resultados obtidos, estão apresentados nas Figuras 3(b), 3(c) e 3(d), para as frequências de 600 kHz, 720 kHz e 800 kHz, respectivamente.

Por outro lado, a frequência (f) da onda emitida pelo transmissor, pôde ser lida diretamente na tela do osciloscópio, bastando ler o período (T) e realizar o cálculo de $f = 1/T$. As formas de onda, estão apresentadas no canto superior direito de cada uma destas figuras, onde os valores de T , estão simbolizados por uma seta dupla. Os valores de f foram inseridos no gráfico, por meio de uma linha tracejada vertical no interior de uma barra, onde a largura desta representa as incertezas em seus valores. Após a construção do gráfico, ficou visível para os alunos que a amplitude da tensão passa por um máximo, em frequências de oscilações naturais, f_0 , iguais (considerando as incertezas), a frequência da onda, f . Isto constata a ressonância no sistema do rádio, tornando possível fazer uma explicação plausível

para a melhoria na percepção sonora em certos valores de ângulo e/ ou capacitância.

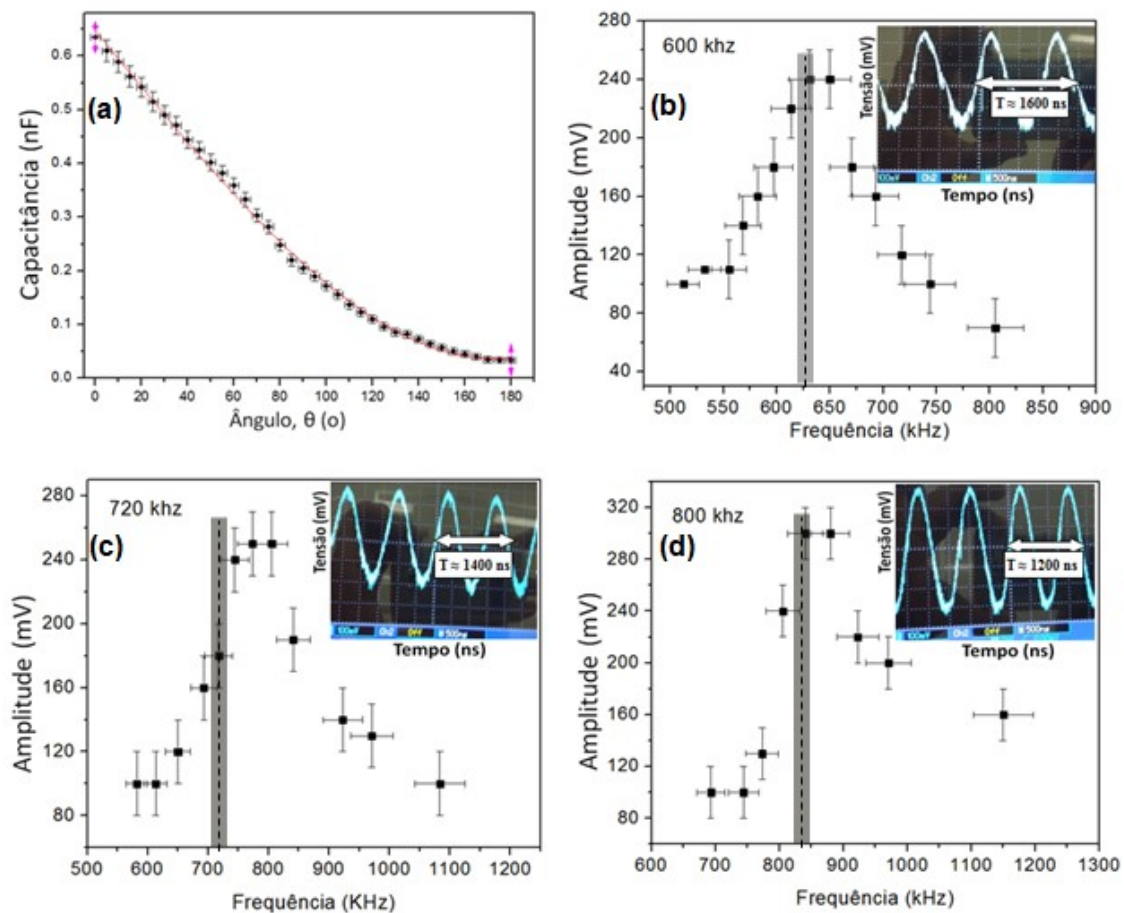


Figura 3 - (a) Curva de calibração para o capacitor. Nas frequências de (b) 600 kHz, (c) 720 kHz e (d) 800 kHz, estão as dependências da amplitude do sinal da onda captada com a frequência natural do circuito LC do rádio. Na parte superior à direita estão as oscilações de tensão de máxima amplitude. As barras verticais representam os valores de frequência média (linha vertical) com as incertezas (largura da barra), calculadas como o inverso do período.

Conclusões

Neste trabalho, foi possível ensinar o princípio básico do funcionamento dos rádios, usando como modelo, o rádio com antena de quadro. Foi possível abordar temas como a lei de Faraday, ondas eletromagnéticas e ressonância de uma forma prática, diferenciada e didática. Por ser um circuito relativamente simples, os alunos conseguiram sem dificuldades montar o rádio e realizar todas as conexões necessárias. O uso do transmissor facilitou a observação do sinal no osciloscópio e a percepção sonora foi satisfatória para verificar o funcionamento do rádio. Professores de física podem contar com esta opção experimental para o ensino do fenômeno da ressonância eletromagnética, juntamente com uma de suas mais populares e importantes aplicações práticas.

Referências

- ALVES, A. L.; DIAS, P. R. P.; LOURENÇO, W. J.; MENESES, J. Relato de Experiência: A Dinamização no Ensino de Física por Práticas Laboratoriais – Em: *Atas do XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física*. São Carlos: SBF, 2017. 1 CD.
- BALANIS, C. A. *Teoria de Antenas - Análise e Síntese*. 3 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014. p. 19 - 66. v. 2.
- FIGUEIREDO, A; TERRAZZAN, E. O Laboratório em Casa: Rádio Galena. *Revista de Ensino de Ciências*, São Paulo, n. 17, p. 32, março 1987. Disponível em: <http://www.cienciamao.usp.br/dados/rec/_olaboratorioemcasaradio-.arquivo.pdf>. Acesso em: 04 mai. 2018.
- GONÇALVES, D. *Jornalismo UFSJ*: Entenda a diferença entre as faixas AM e FM. Disponível em: <https://jornalismou.wordpress.com/2015/04/18/entenda-a-diferenca-entre-as-faixas-am-e-fm/>. Acesso em: 03 maio 2018.
- GRIFFTTS, D. J. *Eletrodinâmica*. Tradução: Heloisa Coimbra de Sousa. 3. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2011. p. 309 - 313. v. 1.
- LOUDET, L. *Sid Monitoring Station*: a bit of teory, 2013. Disponível em: <<https://sidstaton.loudet.org/antenna-theory-en.xhtml>>. Acesso em: 03 março 2018.
- MOREIRA, M. A. Grandes desafios para o ensino da física na educação contemporânea. *Revista do Professor de Física*, Brasília, v. 1, n. 1, p. 1 - 13, 2017.
- NETTO L. F. *Transmissão - Recepção Rádio galena*: Iniciação aos Fenômenos Ondulatórios, 2011. Disponível em <http://www.feiradeciencias.com.br/sala15/15_33e.asp>. Acesso em 28 fevereiro 2018.
- ORIGIN 8, Getting Started Booklet, Verssion 8.1. Origin Pro, 2009.