

## RELATOS DE EXPERIMENTOS NO ENSINO DE FÍSICA: ONDAS MECÂNICAS, LEI DE FARADAY E GRAVITAÇÃO

### REPORTS OF PHYSICAL TEACHING EXPERIMENTS: MECHANICAL WAVES, FARADAY LAW AND GRAVITATION

André Luíz Alves<sup>1</sup>, Rodrigo Dias Pereira<sup>1</sup>, Gustavo Viali Loyola<sup>1</sup>, Anderson Nunes Panetto<sup>1</sup>, Yohannes Benincá Motta<sup>1</sup>, Arthur Bissoli<sup>1</sup>, Gabriel Pestana<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Instituto Federal do Espírito Santo – São Mateus/ Ensino Médio Integrado/ *gabinete.sm@ifes.edu.br*

#### Resumo

Neste trabalho são apresentados os resultados preliminares do projeto de pesquisa “Uso de experimentos como apoio didático na disciplina de física II e monitoria em laboratório de física”, que propõe montar, desenvolver e aplicar experimentos para o ensino de ondas mecânicas, lei de Faraday e Gravitação. Ondas mecânicas estacionárias em cordas foram produzidas por uma haste oscilatória com frequência senoidal regulável. Os estudantes puderam visualizar diversos modos de vibração, realizar medições e obter a velocidade da onda na corda. Para a abordagem da lei de Faraday foi construído um gerador monofásico de ímãs permanentes. Como resultado, foi possível visualizar na tela de um osciloscópio uma onda senoidal, obter parâmetros relevantes e medir tensões elétricas em função da frequência de rotação do gerador. Na gravitação, foram realizadas atividades fora da sala de aula, com o uso de um telescópio do tipo refletor durante a noite. Para esta atividade experimental, foram produzidos dois *banners* que tratavam da lei de Gravitação de Newton, das fases da Lua e os fenômenos das marés. Este trabalho veio como proposta de estimular a participação dos alunos em sala, despertar suas curiosidades e propiciar a construção de um ambiente motivador e agradável.

**Palavras-chave:** Experimentos, práticas, ondas mecânicas, lei de Faraday, gravitação.

#### Abstract

This work presents the preliminary results of the research project “Use of experiments as didactic support in the discipline of physics II and monitoring in a physics laboratory”, which proposes to set up, develop and apply experiments for the teaching of mechanical waves, Faraday law and Gravitation. Stationary mechanical waves on strings were produced by an oscillating stem with adjustable sinusoidal frequency. Students were able to view different vibration modes, take measurements and obtain the wave speed on the string. For the approach of Faraday's law, a single-phase permanent magnet generator was built. As a result, it was possible to visualize a sine wave on the screen of an oscilloscope, obtain relevant parameters and measure electrical voltages as a function of the generator rotation frequency. In gravitation, activities were carried out outside the classroom, using a reflector telescope during the night. For this experimental activity, two banners were produced that dealt with Newton's law of gravitation, the phases of the moon and the phenomena of the tides. This work came as a proposal to stimulate students'

participation in the classroom, awaken their curiosities and provide the construction of a motivating and pleasant environment.

**Keywords:** Experiments, Practices, String Waves, Faraday Law, Gravitation

### **Introdução**

A Física nos permite conhecer as leis gerais da natureza que regulam o desenvolvimento dos processos que se verificam no nosso planeta e no universo. Conhecendo os fenômenos da natureza pode-se fazer previsões de acontecimentos, recriá-los e manipulá-los em laboratórios, e usá-los para o desenvolvimento de um mundo moderno e melhorias na qualidade de vida de toda uma população. Na astronomia, a observação experimental do movimento de astros como o sol e a lua e a formulação da lei de gravitação universal, possibilitou a construção de um calendário com as estações do ano, conhecer e predizer as fases da lua, fenômeno das marés e fenômenos no céu (TARSIA, 1995; QUEIROZ, 2004). Conhecer os fenômenos ondulatórios e as grandezas físicas que os descrevem são de grande importância em todo nosso cotidiano, estando presente no som, nas ondas de rádio e no movimento de partículas na matéria (DE MOURA, 2017; ALVES, 2019).; já no eletromagnetismo vale citar a lei de Faraday no qual se constroem diversos sensores eletromagnéticos, geradores de energia elétrica, freios magnéticos (DE AZEVEDO, 2017; ALVES, 2019). Assim, os professores de física devem buscar meios de demonstrar a importância que a física tem no cotidiano dos alunos e as atividades experimentais são uma grande ferramenta para tal.

As práticas experimentais em sala de aula tornam os conteúdos menos abstratos e mais fáceis de serem compreendidos e instigam o interesse no aprendizado pelos alunos. Entretanto, ao considerar o cenário atual da educação em grande parte das escolas e universidades brasileiras, depara-se com um distanciamento entre o que a escola deveria proporcionar ao aluno e o que ela realmente oferece: o ensino das ciências naturais no país está fortemente influenciado pela ausência da prática experimental, dependência excessiva do livro didático, método expositivo, reduzido número de aulas, currículo desatualizado e descontextualizado e profissionalização insuficiente do professor (PEDRISA, 2001; COSTA, 2015). Para tentar amenizar essa situação, foi proposto neste trabalho levar a experimentação para a sala de aula. Foram pesquisados conteúdos nos quais os alunos possuem mais dificuldades de entendimento e foram realizadas atividades que poderiam estimulá-los a estudar física. Parte deste trabalho foi aplicado nas turmas dos cursos de Física (disciplina de Física II), Engenharia (Eletromagnetismo) e algumas das disciplinas de Física Experimental da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) – Centro Universitário Norte do Espírito Santo (CEUNES) e no curso integrado de Mecânica do Instituto Federal do Espírito Santo – Campus São Mateus (IFES-SM).

Inicialmente foi submetido um projeto vinculado à Pró-reitora de Graduação da UFES (PROGRAD), sendo este aprovado e fomentado por esta agência. Parte deste projeto também foi fomentado pela Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES). O projeto contou com a participação de três monitores bolsistas.

## **Objetivos**

O presente trabalho permite aos professores das disciplinas de Física II e eletromagnetismo, ter suporte experimental em alguns conteúdos das disciplinas que ministram. Desta forma, foram propostos a montagem de kits experimentais e atividades como listadas abaixo:

- a) Montar experimentos de ondas em cordas para a verificação experimental de ondas estacionárias e grandezas físicas relevantes: padrões de oscilação e determinação da velocidade da onda na corda;
- b) Construir de um kit experimental prático para a observação e aplicação da lei de Faraday: geradores de tensão alternada;
- c) Desenvolver atividades noturna com um telescópio, abordando temas de gravitação.

Além disto este trabalho teve como objetivo contribuir com o aperfeiçoamento das práticas experimentais dos monitores envolvidos, bem como o manuseio de ferramentas adequadas e práticas em atividades didáticas durante o auxílio dos professores nas disciplinas. Será relatado neste trabalho, de forma objetiva e concisa, parte de cada uma destas atividades.

## **Metodologia**

Em uma reunião, os temas e objetivos deste trabalho foram apresentados aos monitores, quer foram divididos da seguinte maneira: 02 bolsistas ficaram responsáveis pelos experimentos de ondas em cordas e astronomia vinculadas à disciplina de Física II e 01 bolsista pelos experimentos da lei de Faraday (geradores), vinculados às disciplinas de eletromagnetismo do CEUNES. A prática de eletromagnetismo também foi aplicada aos alunos IFES, no ensino médio. De início, foram realizadas pesquisas em sites da internet, buscando experimentos que poderiam ser facilmente montados e abordados em sala de aula. Após definidos os experimentos, foram realizadas reuniões semanais para a realização de projetos, compra de materiais, montagem dos experimentos e planos de aula.

## **Atividades Desenvolvidas**

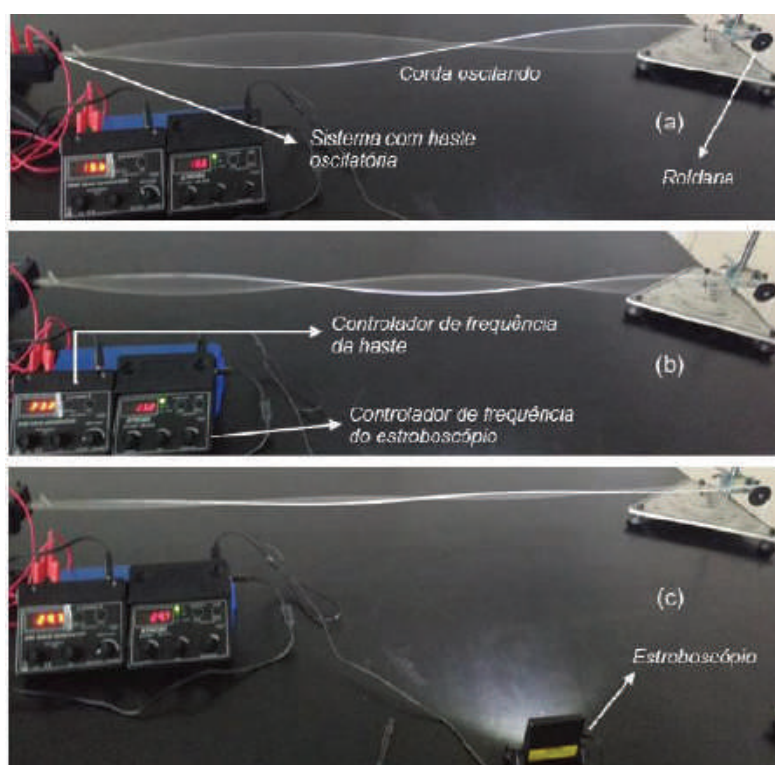
### ***Ondas Mecânicas em Cordas***

Neste experimento foram utilizados uma mola de brinquedo (não mostrado aqui) e um kit de ondas mecânicas da marca PASCO modelo EX 9952. Os monitores inicialmente trabalharam com a mola “maluca” de brinquedo onde foi possível mostrar a formação de ondas. Será abordado os procedimentos utilizados pelos monitores para o ensino experimental em sala de aula. Inicialmente o monitor solicitou a um estudante da turma de Física II que esticasse a mola sobre uma mesa lisa. Então com apenas um movimento na direção perpendicular à corda foi possível a observação de um pulso de onda e, com movimentos repetitivos, foi observado um trem de ondas. Foi observado também a inversão de fase, quando um pulso de onda atinge uma extremidade fixa (a mão de um estudante) e retorna. Os monitores prosseguiram com a demonstração das ondas estacionárias. Foi explicado aos estudantes que uma onda estacionária poderia ser produzida pela superposição das ondas produzidas na mão do monitor com as refletidas na mão do estudante. Então

o monitor abordou que a palavra estacionária, vem do fato de a onda estar confinada em uma região e não se propagar. Em seguida, foi questionado à turma: Para que serve esta onda? Foi explicado de início que é possível medir facilmente a velocidade da onda na corda; além disso esta onda está presente em instrumentos musicais como o violão e flautas e em equipamentos de caracterização de materiais como o espectrômetro de ressonância paramagnética.

Este experimento foi útil para demonstrações qualitativas. Para a realização de medições de grandezas relevantes e obtenção da velocidade da onda em cordas foi utilizado o kit da PASCO. Os materiais e as montagens estão apresentados nas Figuras 1 (a)-(c).

Figura 1 - Sistema para formação de ondas estacionárias, medição e obtenção de grandezas físicas. Corda vibrando nas frequências de (a) 15.6 Hz, (b) 23.2 Hz e (c) 29.7 Hz.



Fonte: Elaborado pelos compiladores.

Em (a) a corda é fixa em uma haste que tem sua frequência variada. A corda passa por uma roldana e a outra extremidade é fixada a um suporte, no qual se pode variar o peso nele e assim, a tensão na corda. A distância entre a haste e a roldana foi  $\approx 1,24$  m. O controlador de frequência da haste, visualizado em (b), faz a haste e a corda vibrarem em diferentes frequências, formando diferentes modos de oscilação que podem ser facilmente verificados por meio de um estroboscópio, mostrado em (c). Quando a frequência da luz estroboscópica coincide com a frequência de oscilação da corda, esta aparenta estar em repouso e o padrão se torna mais nítido.

Os monitores prosseguiram em sala, da seguinte maneira: variaram a frequência da haste e produziram  $n = 2, 3$  e  $4$  modos de vibração, de acordo com as Figuras 1(a), 1(b) e 1(c) respectivamente. As frequências medidas para cada modo foram de  $f = 15,6$  Hz,  $23,2$  Hz e  $29,7$  Hz respectivamente. Então, estes explicaram que os padrões se formam de maneira semelhante à formada com a mola “maluca”.

A seguinte questão foi levantada: a velocidade de propagação da onda na corda varia com a frequência? Com os valores de  $L$  (fixo),  $n$  e  $f$  medidos para cada padrão de vibração, os monitores desenharam no quadro da sala as figuras estacionárias observadas pelos alunos durante a realização do experimento e a partir dos desenhos deduziram a seguinte relação:

$$V_n = 2 \frac{L}{n} f_n \quad \text{Equação (1)}$$

onde  $n = 1, 2, 3, 4 \dots$

Assim, os monitores explicaram que se trata de valores quantizados em  $n$ . Os cálculos realizados em sala, através da equação 1, mostraram que para  $n = 2$  e  $f = 16,6$  Hz, foi obtido  $V_2 \approx 19,3$  m/s; para  $n = 3$  e  $f = 23,2$  Hz, foi obtido  $V_3 \approx 19,2$  m/s; finalmente para  $n = 4$  e  $f = 29,7$  Hz foi obtido  $V_4 \approx 18,5$  m/s. Os valores de  $V$  da ordem de 19 m/s sugeriram que a velocidade da onda na corda é constante. Esta questão foi levantada a turma e finalmente foi explicado que a velocidade da onda depende da tensão na corda e da densidade linear de massa, sendo estas grandezas fixas neste experimento.

### ***Lei de Faraday e o Gerador de Tensão Alternada***

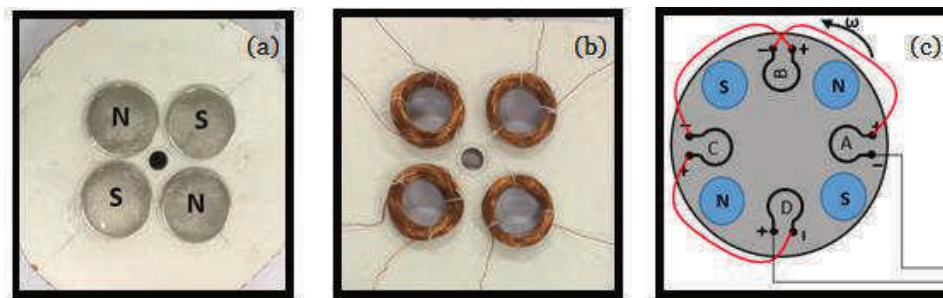
Para uma abordagem qualitativa da lei de Faraday, os monitores construíram uma bobina por 1000 espiras de fio esmaltado do tipo AWG 28 e suas extremidades foram ligadas a um Led vermelho com voltagem de 1,0 V. Também foi utilizado um ímã de neodímio em formato de bastão. Durante o experimento em sala, os monitores mostraram que o ímã em repouso no centro da bobina não faz o led emitir luz. Por outro lado, foi observado que ao movimentar o ímã em um movimento oscilatório ocorria a emissão de luz pelo Led. A luz se tornava mais intensa, quando se aumentava a velocidade dos ímãs. Foi possível constatar em sala que o movimento dos ímãs faz variar o fluxo do campo magnético nas bobinas produzindo uma força eletromotriz (tensão elétrica) capaz de acender o Led. Foi explicado que o movimento mais rápido aumenta este fluxo de campo magnético, aumentando a tensão elétrica. Para a verificação do sinal, foi utilizado um multímetro conectado nos extremos da bobina. Os monitores mostraram a turma que os ímãs ao penetrarem na bobina produzem um sinal de tensão oposto ao gerado quando se retiram os ímãs. A lei de Lenz foi então abordada com sucesso para explicação do sinal gerado no multímetro. A aula seguiu com uma breve abordagem teórica da lei de Faraday.

Para dar seguimento a abordagem experimental, os monitores construíram um gerador de energia elétrica para enfatizar a importância da lei de Faraday em nosso cotidiano. O gerador é do tipo monofásico de fluxo axial de ímãs permanentes, muito empregado em geradores eólicos (MAIA, 2011). Trata-se de um experimento de fácil construção: ímãs de neodímio de diâmetro 2,9 cm foram colados (com polaridades N e S alternadas) em madeira do tipo MDF (*Medium Density Fiberboard*) com 6 mm de espessura, cortada em um formato circular de 12 cm de diâmetro (Figura 2(a)), formando a parte do rotor do gerador. Bobinas de 100 espiras e 1,9 cm de diâmetro foram feitas com fio esmaltado tipo AWG 28. Posteriormente estas foram coladas sobre a madeira MDF, formando o estator do gerador (Figura 2(b)). Na montagem, o rotor fica sobre o estator, tendo um centro em comum (veja o furo existente na parte central do rotor e estator), por onde passa



uma barra roscada, que serve como eixo. Na Figura 2(c), foi feita uma ilustração do rotor sobreposto ao estator: os ímãs, em azul, com polaridades opostas geram sinais de tensão (+ e -) que se alternam nas extremidades dos ímãs A, B, C e D. A ligação, ilustrada com o fio em vermelho, foi feita conectando-se as extremidades com sinais (+) e (-) maximizando a tensão gerada.

Figura 2 - (a) Montagem do rotor, (b) estator e (c) o esquema de ligação das bobinas no estator.

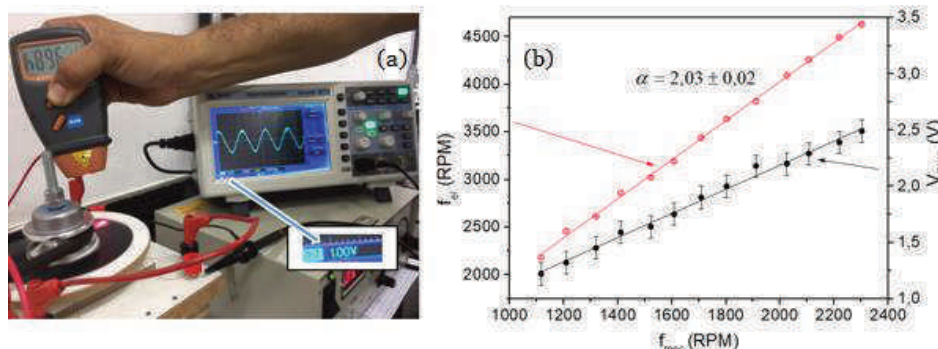


Fonte: Elaborado pelos compiladores.

Para manter uma rotação aproximadamente constante, uma polia foi acoplada na parte superior do rotor, por onde passou uma correia que foi acoplada a polia de um motor com rotação variada. Na Figura 3(a) o rotor ao girar sobre o estator produz no osciloscópio um sinal de tensão do tipo alternada, com amplitude  $\approx 1,5$  V para uma rotação  $\approx 968$  RPM vista com o auxílio de um tacômetro ótico sobre o rotor. Na Figura 3(b) estão apresentados dois gráficos: um em vermelho, da frequência elétrica ( $f_{el}$ ) em função da frequência (rotação) mecânica ( $f_{mec}$ ) ambos em RPM e outro, em preto, da tensão eficaz ( $V_{RMS}$ ) gerada em função da  $f_{mec}$ . Ambos seguem comportamento linear e a inclinação ( $\alpha$ ) da reta em vermelho indica que o valores de  $f_{el}$  superam os de  $f_{mec}$  por um fator de 2. Isto ocorre pois como os ímãs estão defasados de  $90^\circ$ , a cada meia volta ( $180^\circ$ ) do rotor o polo norte ou sul, retorna para uma mesma bobina, completando um ciclo. Então, é como se este ímã girasse de  $360^\circ$ , completando um ciclo.

A abordagem deste aparato em sala de aula seguiu com os monitores apresentando o experimento à turma explicando a relação da lei de Faraday com os geradores e como foi realizada a ligação entre as bobinas. O sistema apresentado na Figura 3(a) foi levado em sala e colocado para funcionar. Os estudantes puderam ver o sinal alternado da tensão gerada. O gráfico da Figura 3(b) foi projetado em sala e abordado com os estudantes.

Figura 3 - (a) Gerador e tensão alternada na tela do osciloscópio. (b) Gráficos da frequência elétrica ( $f_{el}$ ) em função da frequência mecânica ( $f_{mec}$ ) e da tensão eficaz ( $V_{RMS}$ ) em função da  $f_{mec}$ .

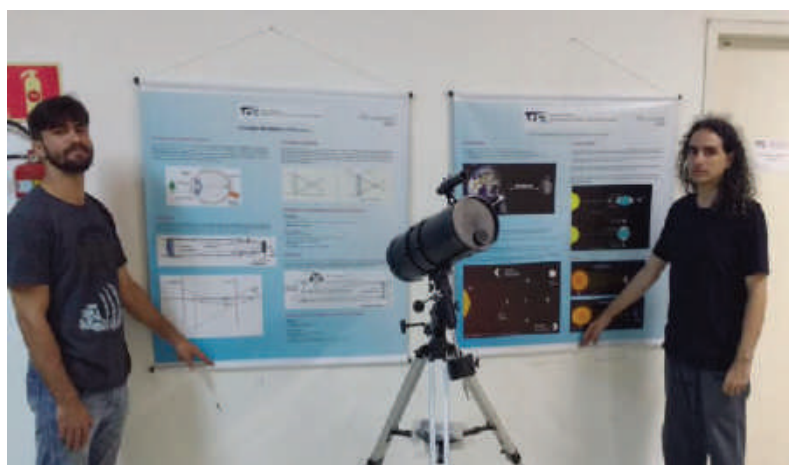


Fonte: Elaborado pelos compiladores.

### Gravitação

Para o estudo da gravitação os monitores desenvolveram atividades de observação do céu noturno: observação da Lua, e dos planetas Júpiter e Saturno. Além disto, foi montado um manual do telescópio contendo informações sobre procedimentos de uso, tipos de lente e ampliação de cada uma delas, como focar um astro, etc. As atividades desenvolvidas foram divulgadas no site da universidade, no link: [www.ceunes.ufes.br/conteudo/observacao-da-lua-e-dos-planetras-com-um-telescopio-refletor](http://www.ceunes.ufes.br/conteudo/observacao-da-lua-e-dos-planetras-com-um-telescopio-refletor). Neste link, os estudantes poderiam visualizar os dias em que as atividades seriam desenvolvidas, dependendo se o céu estivesse nublado ou não. Concomitante com estas atividades, foram montados dois *banners* contendo informações sobre as fases da Lua e o funcionamento do telescópio (Figura 4).

Figura 4 - Monitores do projeto, telescópio do tipo refletor e os *banners* montados, abordando temas de gravitação e o funcionamento do telescópio.



Fonte: Elaborado pelos compiladores.

Em um banner os monitores utilizaram de figuras ilustrativas mostrando a influência da posição do Sol e da Terra sobre as fases da Lua. No outro banner foi abordado como os raios provenientes de um objeto muito distante refletem nos espelhos e formam uma imagem nítida e ampliada deste objeto. Enquanto os estudantes guardavam sua vez de observar o telescópio, estes tinham a oportunidade de conhecer mais sobre os assuntos abordados nos banners.

### Considerações Finais

As atividades experimentais propostas neste trabalho foram aplicadas em sala de aula e nenhum problema foi observado, ou seja, os experimentos funcionaram dentro do esperado. O professor e que lecionava para os alunos do curso de Física e os monitores relataram que durante a realização do experimento, os alunos (de forma voluntária) foram fazendo previsões sobre o que deveria acontecer quando uma variável fosse alterada, p.e. a frequência. Além disso, o professor observou que os alunos calcularam a velocidade da onda de forma mais “natural” quando comparado com os exercícios do livro. A princípio podemos dizer que a interação dos alunos com o experimento e a possibilidade de serem agentes ativos no processo, removeu algumas barreiras que os alunos tinham com relação ao conteúdo apresentado. Concomitantemente os professores e monitores que

trabalham com a disciplina de Eletromagnetismo, relataram comportamento semelhante nos alunos e acrescentaram que após a realização do experimento os alunos relatavam que “foi muito mais fácil de ver o que está escrito nos livros (**sic**)”. O tema que despertou uma maior “empolgação” dos alunos foi gravitação, pois além de ter a atividade prática, ela foi realizada ao ar livre e isto deixou os alunos mais à vontade. Com base nos depoimentos de todos os participantes, podemos inicialmente dizer que a realização de experimentos é um importante instrumento auxiliar no ensino de física. Somente o fato de colocar o aluno como agente ativo no processo, causa um maior envolvimento dos alunos e este maior envolvimento leva a um maior interesse e através da observação dos comentários, podemos dizer que os alunos apresentavam os conceitos físicos de forma mais científica e natural.

### Referências

- ALVES, A. L.; COURA, D. J.; PESSOA, M. S.; BENTO, S. S.; MOSCON, P. S. O Ensino de Ressonância Eletromagnética por um Sistema Emissor e Receptor Utilizando o Rádio Antena de Quadro: Descrição e Análise Usando Osciloscópio. **Física na Escola**, v. 17, n.1, p.46-52, 2019.
- COSTA, L.; BARROS, M. O Ensino da Física no Brasil: Problemas e Desafios. *In: XII Encontro Nacional de Educação, Paraná. Anais [...]* Paraná, 2015, CD 01.
- DE AZEVEDO, G. T.; PEIXOTO, C. J. T.; BARGOS, F. F.; MENEGATTI, C. R. Gerador Trifásico de Baixo Custo para o Ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.39, n.3, e3503, 2017.
- DE MOURA, M. A.; CURVO, E. A. C., DE ASSIS, A. F. S.; DE BARROS, M. P. Visualize a sua Voz: uma proposta para o ensino de ondas sonoras. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v.8, n.1, p.182-200, 2017.
- MAIA, Thales Alexandre Carvalho. **Projeto e Construção de um Gerador a Ímãs Permanentes de Fluxo Axial para Turbina Eólica de Pequena Potência**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.
- PEDRISA, C. M. Características históricas do ensino de ciências. **Ciência e Ensino**, Campinas, n. 11, p. 9-12, 2001
- QUEIROZ, G. P.; LIMA, M. C. B.; VASCONCELLOS, M. M. N. Física e Arte nas Estações do Ano. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n.1, p.33-54, 2004.
- TARSIA, R. D. O calendário Gregoriano. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol.17, n.1, p.50-54, 1995.