



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO PROFISSIONAL EM ENSINO
DE FÍSICA

MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
(POLO 58 - UFRPE)

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA
BASEADA NOS TRÊS MOMENTOS
PEDAGÓGICOS DE DELIZOICOV PARA A
DETERMINAÇÃO EXPERIMENTAL DA
VELOCIDADE DO SOM NO AR**

João Pessoa de Oliveira Filho

Sumário

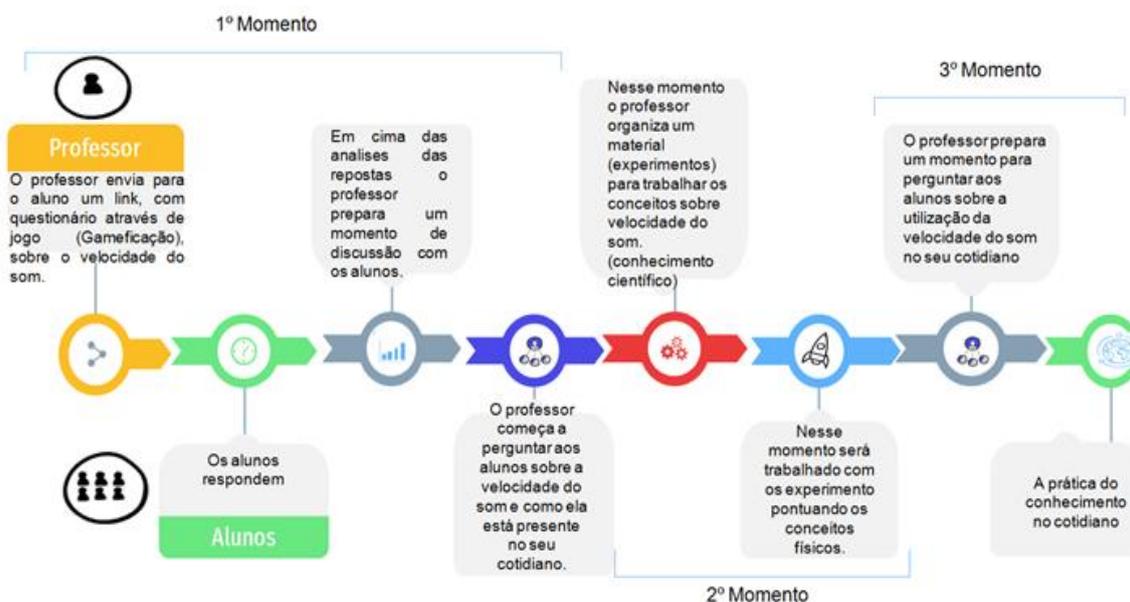
Apresentação	3
A sequência didática	4
Bibliografia	13

Apresentação

A proposta do presente produto consiste de uma sequência de ensino baseada nos três momentos pedagógicos de Delizoicov, visando sempre o ensino da física entrelaçado à prática cotidiana, levando em consideração os conhecimentos e organizadores prévios para processo de ensino e de aprendizagem. Conforme apresentado na bibliografia do presente produto educacional, pode-se aprofundar em qualquer um dos referenciais dos quais nasceram a presente sequência didática, quais sejam a aprendizagem significativa, os três momentos pedagógicos e o ensino sob medida.

Pensando em possibilitar a aplicação do produto tanto presencialmente, quanto remotamente, construímos um diálogo entre os três momentos pedagógicos e o ensino sob medida, o qual consiste numa metodologia ativa, os quais se encaixaram de forma bem satisfatória como mostramos no infográfico a seguir.

Figura 1 – Os três momentos pedagógicos com o ensino sob medida



Fonte: Elaborado pelo autor

A sequência didática

A sequência didática inicia com o convite para os estudantes observarem cenas de dois filmes (Star Wars e Gravidade). Para tanto, devemos enviar para os estudantes um link do ‘google forms’ com cenas de tais filmes, a fim de problematizar a propagação do som, onde os alunos observam as características do som entre explosões, impactos entre destroços e tiros sonorizados, pontuando fisicamente se os fenômenos que aparecem nas cenas seriam possíveis segundo as leis da Física.

As figuras 2 e 3 mostram as cenas dos filmes que foram selecionadas para esse momento inicial que se caix a no 1º momento pedagógico de Delizoicov, qual seja, a problematização.

Figura 2 – Explosão e tiros no espaço



Fonte: Cena do filme: Star Wars Episódio III. A Vingança dos Sith.

Figura 3 – Impactos entre destroços no espaço



Fonte: Cena do filme: Gravidade

A tabela 1 apresenta todos os passos a serem seguidos em cada um dos três momentos pedagógicos, bem como a quantidade de aulas necessária ao desenvolvimento de cada atividade proposta na sequência didática. Basta seguir como está descrito e acreditamos que os resultados de tal ação de ensino sejam satisfatórios, assim como se deu na aplicação de tal produto durante a dissertação na qual ele foi gestado. Nossa sequência convida os estudantes a investigarem de forma teórico-experimental o mecanismo de propagação do som e como podemos medir a sua velocidade.

Tabela 1- Organização das atividades investigativas com base nos Três Momentos Pedagógicos e Ensino sob Medida.

SEQUÊNCIA DIDÁTICA	
MOMENTOS	ATIVIDADES
<p>1º MOMENTO:</p> <p>Problematização inicial e análise das informações</p>	<p>Apresentar aos alunos os seguintes questionamentos:</p> <p>Aula 1: cenas de filmes que pontuem, características da propagação do som no espaço.</p> <p>Aula 2: diagnosticar os conhecimentos prévios, de forma prévia e por meio do jogo (Labirinto no Wordwall) e de perguntas a respeito da velocidade do som e suas características de forma prévia.</p> <p>Planejamento: analisar os conhecimentos prévios dos alunos.</p>
<p>2º MOMENTO:</p> <p>Organização do conhecimento e planejamento da aula.</p>	<p>Conteúdo trabalhado: acústica.</p> <p>1. Hipóteses:</p> <p>Aula 3: fazer um levantamento histórico sobre a velocidade do som e seus aparatos experimentais para medir a sua velocidade.</p> <p>Aula 4: preparar uma aula de acordo com o levantamento feito por meio do diagnóstico e dos pontos de vista sobre o filme.</p> <p>2. Atividade experimental:</p> <p>Aula prática 1 (pote hermético e bomba de vácuo): verificação de que o som precisa de um meio material para se propagar. A sala pode ser dividida e os aparatos serem permutados.</p> <p>Aula prática 2: calcular a velocidade do som por meio do experimento do tubo de ressonância. A sala pode ser dividida e os aparatos serem permutados.</p> <p>3. Observações e conclusões:</p> <p>Aula 7: mostrar a importância dos conhecimentos prévios e dos experimentos para o processo de ensino e de aprendizagem e socialização dos resultados com os alunos.</p>
<p>3º MOMENTO:</p> <p>Aplicação do conhecimento e a prática do</p>	<p>Aula 8: retomar aos questionamentos iniciais, pontuando os conceitos que foram vistos e mostrando a sua importância para aplicação no cotidiano por meio de uma roda de debate.</p>

conhecimento no cotidiano.	Aula 9: mostrar aos estudantes o que é um mapa conceitual e como construir, mostrando exemplos.
	Aula 10: elaboração de um mapa conceitual para avaliarmos os grupos durante todo o processo.

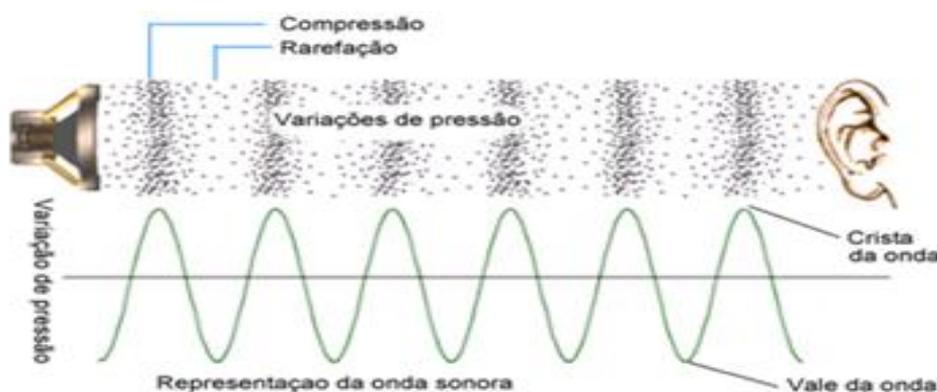
De acordo com a tabela, as aulas experimentais serão realizadas no segundo momento da sequência, junto a uma abordagem teórica sobre acústica, para organizar os conhecimentos dos estudantes, como diagnóstico prévio. Em tais aulas experimentais, a turma pode ser dividida num número de grupos de acordo com a quantidade de exemplares de cada um dos dois aparatos, a saber, o “pote hermético e bomba de vácuo” e o “tubo de ressonância”. A seguir, apresentamos o detalhamento da montagem e uso dos dois aparatos.

Prática 1: verificação de que o som precisa de uma meio material para se propagar.

Trata-se de uma reconstrução dos experimentos de Guericke (1602-1686), Kircher (1602-1680) e Boyle 1660 para a comprovação de que o som necessita de um meio material para se propagar.

As ondas são distúrbios que se propagam e levam sinais de um lugar para outro. Uma onda não transporta matéria e sim energia. Desta forma, podemos considerar o som como um transporte de energia através da vibração longitudinal das partes que compõem esse meio, e é igualmente considerado uma onda mecânica, pois precisa de um meio material para se propagar.

Figura 4 – Propagação do som no ar



Fonte: <https://www2.santoandre.sp.gov.br/hotsites/sabina/index.php/a-sabina/experimentos/123-pagina-experimento-som-vibracao>

A figura 4 mostra como o som se propaga no ar. Percebemos que as moléculas do gás sofrem compressão e rarefação, provocadas pela variação de pressão.

Material Utilizado: um pote hermético 2,5L (adquirido pela internet), uma tampa com anel de vedação, uma bomba sugadora de ar, um smartphone, uma caixa de som com conexão bluetooth e um balão.

Procedimento Experimental: monte o aparato conforme mostra a figura 5.

Figura 5 – Pote Hermético 2,5 L e Bomba Sugadora de Ar



Fonte: Elaborado pelo autor

Na figura 5 mostra os elementos que serão utilizado no experimento para comprovar que o som necessita de um meio material para se propagar.

Figura 6 – Pote Hermético 2,5 L conectado a bomba



Fonte: Elaborado pelo autor

A figura 6 mostra a montagem da bomba e o pote. Em seguida, será colocado dentro do pote um balão para testar se vai gerar o vácuo dentro do recipiente como mostra as figuras 7 e 8. Observe que, na medida em que o ar é retirado do interior do pote hermeticamente

fechado, a pressão atmosférica irá diminuir em seu interior e, daí, o balão irá aumentar de volume, o que evidencia a rarefação. Como sabemos, ao sugar o ar de dentro do pote, o balão começa a encher até flutuar comprovando a existência do vácuo devido a diminuição da pressão. De fato, quando retiramos o ar, a pressão no interior do balão, que antes era igual à de fora, passa a ser maior, fazendo com que o balão aumente de volume e flutue. Em seguida podemos verificar se o som realmente necessita de um meio para se propagar, como mostra as figuras 9 e 10.

Figuras 7 e 8 – Testando o Vácuo



Fonte: Elaborado pelo autor

Na sequência, a rarefação é desfeita, o balão retirado e colocamos um pequeno pequena caixinha de som bluetooth ligada. Vedamos novamente o pote e realizamos nova rarefação. Neste momento, verificamos que, na medida em que retiramos o ar, o som vai diminuindo de volume, mostrando que a onda mecânica precisa de um meio para se propagar. Já luz da caixinha de som continua a se propagar.

Figuras 9 e 10 – Caixa de som dentro do pote



Fonte: Elaborado pelo autor

Prática 2: determinação da velocidade do som no Ar.

Nesta atividade experimental, iremos calcular a velocidade do som no ar a partir de um tubo ressonante.

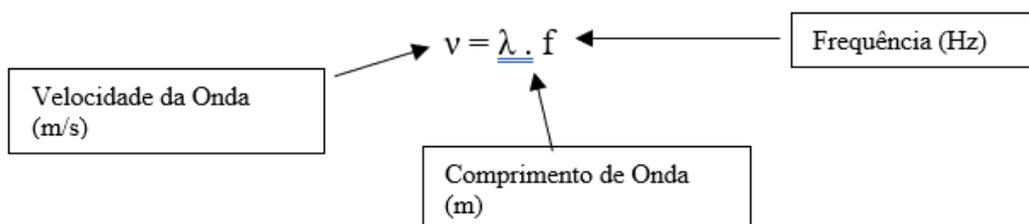
Sabemos que o som assume velocidades diferentes em diferentes meios de propagação, devido à compressibilidade do material. Portanto, a velocidade em meios sólidos é maior que a velocidade em meios líquidos que, por sua vez, é maior que em meios gasosos, ou seja, $V_S > V_L > V_G$.

Newton tentou criar um modelo matemático para calcular a velocidade do som.

Considerando como sendo um sistema isotérmico, chegou à relação $V = \sqrt{\frac{P}{\rho}}$, onde P é a pressão e ρ a densidade, encontrando valores próximos a 288m/s .

Laplace, por sua vez, conseguiu melhorar esse valor, partindo de uma outra hipótese. Considerando o sistema como sendo adiabático, chegou à relação $V = \sqrt{\gamma \frac{P}{\rho}}$, onde P é pressão, ρ a densidade e γ uma constante ao qual é denominado de expoente de Poisson que é calculada pela razão dos calores específicos c_P e c_V por meios de processos adiabáticos ligados as moléculas do ar, encontrando valor de 345,6 m/s, o qual está bem mais próximo do valor encontrado experimentalmente. Além de encontrar uma relação teórica para a velocidade do som, Laplace também determinou de que forma tal velocidade dependia da temperatura, da pressão e da densidade.

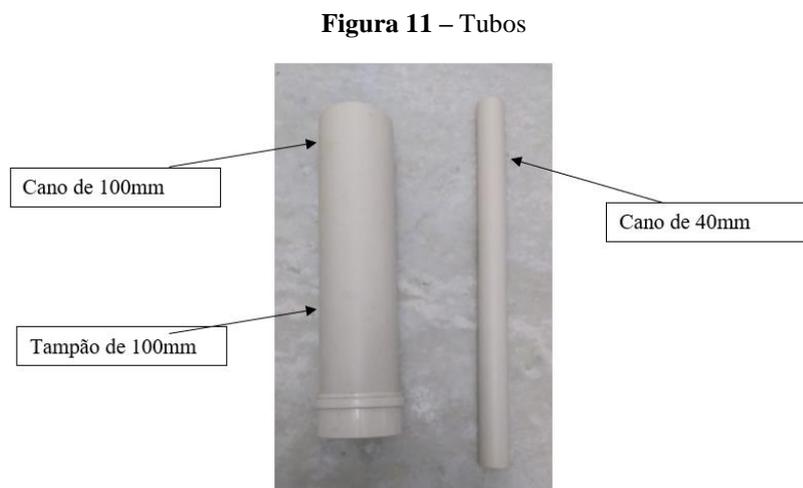
Outra representação matemática da variação de pressão em função do tempo da onda sonora mostra algumas características das ondas como cristas, vales, comprimento de onda, tendo a possibilidade de calcular sua velocidade por meio da relação:



A coluna de ar é aberta numa extremidade e fechada na outra, de modo que se produzem ressonâncias quando $l = \lambda/4, 3\lambda/4, 5\lambda/4, \dots$, onde $v = \lambda \cdot f$, sendo v a velocidade do som no ar. A ressonância é detectada pelo reforço considerável produzido na intensidade sonora que pode ser notado auditivamente, desde que o ambiente não seja demasiadamente ruidoso. Medindo l , pode-se determinar λ e, por conseguinte, v . A superfície da água atua como uma parede e este aparato representa um tubo fechado em uma das extremidades.

Material Utilizado: um cano de 100mm de 42cm de comprimento, um tampão de 100mm, um cano de 40mm de comprimento de 52cm de comprimento, um smartphone, aplicativo gerador de frequência, água e régua.

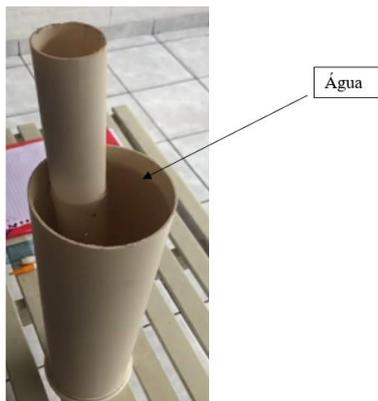
Procedimento Experimental: monte o aparato conforme mostra a figura 11.



Fonte: Elaborado pelo autor

Na figura 11 temos o material que vamos utilizar para obtenção da velocidade do som. Para tanto, encaixamos o tampão em uma das extremidades do cano de 100mm para obter um tubo sonoro apenas com uma extremidade aberta. E utilizamos um cano de 40mm como um tubo aberto nas duas extremidades.

Figura 12 – Montagem do tubo ressonante



Fonte: Elaborado pelo autor

Como podemos ver na figura 12, acrescentamos água no tubo 100mm fechado e inserimos o tubo de 40mm dentro do tubo de 100mm. Desta forma, quando elevamos ou abaixamos o tubo de 40mm, a coluna útil de ar em seu interior aumenta ou diminui, respectivamente. Com o aplicativo gerenciador de frequência instalado no smartphone (figuras 13 e 14), podemos determinar, auditivamente, o momento em que entra em ressonância e ver, no software o valor da frequência ressonante. No caso da figura, escolhemos o valor de 440 Hz. A partir daí, aproximamos o autofalante do smartphone da abertura superior do tubo de 40mm e subindo ou descendo o tubo, valor encontrar o comprimento ressonante, que pode se medido com o auxílio de uma régua, conforme mostra a figura 15. Serie interessante que o professor fizesse a prática em casa, antes de realizá-la em sala de aula, para que tenha ciência aproximada da posição do tubo de 40mm, para não correr o risco de perder muito tempo procurando o comprimento ressonante.

Figuras 13 e 14 (Aplicativo gerenciador de frequência e aplicativo instalado no celular)

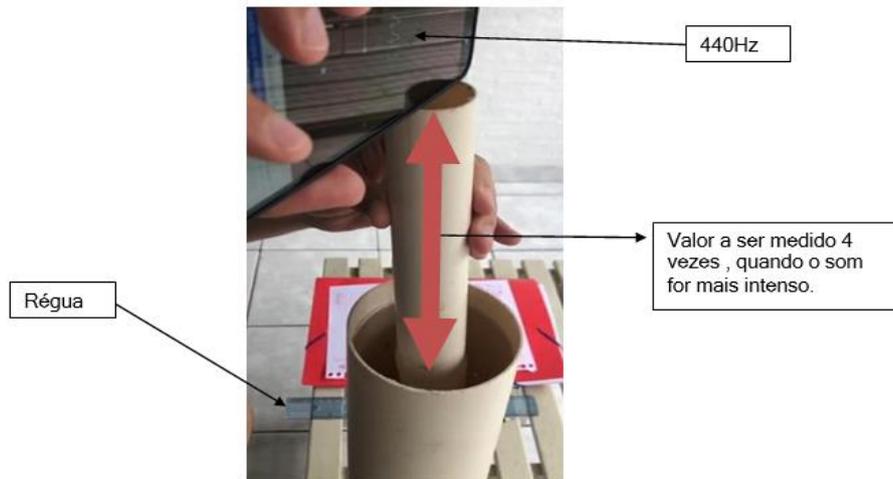


Fonte: Play Store



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 15 – Medindo L, para determinar λ



Fonte: Elaborado pelo autor

A tabela 2 consiste numa sugestão a ser utilizada para a organização dos dados experimentais colhidos pelas equipes. Tal tabela será preenchida por cada equipe, conformes os valores de L encontrados no experimento, sendo realizadas quatro medições de L. Para um melhor valor da velocidade do som adicionar o diâmetro cano de 40mm a média do comprimento de onda.

Tabela 2 - Material de apoio na prática 2

	Medidas de L	$\lambda = L \cdot 4$ Comprimento de Onda de um ventre	Frequência	$v = \lambda \cdot f$ Valor experimental da velocidade do som no ar
1 ^a			440Hz	
2 ^a			440 Hz	
3 ^a			440Hz	
4 ^a			440Hz	

Referências Bibliográficas

ARAÚJO FILHO, J. V. **Sequência de ensino por investigação significativa no estudo das relações entre física e música em atividades experimentais envolvendo o oscilador de Melde**. Dissertação (Mestrado) – Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Polo 58, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife/PE, 2018. Disponível em: <<http://mnpef.ufrpe.br/?q=pt-br/dissertacoes>>. Acesso em: 24 ago 2021.

BARAÚNA, F.; FURTADO, J.; PEREZ, S. Medindo a velocidade do som utilizando figuras de Lissajous. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.37, n.3, 2015. eISSN: 1806-9126.

BARBETA, V. B.; MARZZULLI, C. R. Experimento didático para determinação da velocidade de propagação do som no ar assistido por computador. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.22, n.4, 2000. eISSN: 1806-9126.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.

CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C. Medir a velocidade do som pode ser rápido e fácil. **A Física na Escola**, v. 6, n. 2, 2005. eISSN 1983-6430.

CAVALCANTE, M. A.; PEÇANHA, R.; LEITE, V. F. Princípios básicos de imagens ultra-sônicas e a determinação da velocidade do som no ar através do eco. **A Física na Escola**, v. 12, n. 2, 2011. eISSN 1983-6430.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. **Física**. São Paulo: Cortez, 1990.

FREIRE, P. R. **Pedagogia do oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2019. ISBN: 978-85-7753-418-0.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da Autonomia**- saberes necessários à prática educativa. São Paulo:Paz e terra,1996.

GRALA, R. M.; OLIVEIRA, E. S. Medida da velocidade do som no ar com o uso do microcomputador. **A Física na Escola**, v. 4, n. 1, 2003. eISSN 1983-6430.

GUIMARÃES et al. Determinação da velocidade do som com computadores e celulares. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA – SNEF, XXII, 2017, São Carlos/SP. **Anais...** São Carlos: Instituto de Física da USP, 2017. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/~snef/xxii/>>. Acesso em: 25 ago. 2021.

LINDSAY, R. B. **Acoustics: historical and philosophical development**. Stroudsburg, Pennsylvania: Dowden, Hutchinson & Ross Inc, 1973. ISBN 0-87933-015-5.

LUDKE, E. et al. Velocidade do som no ar e efeito Doppler em um único experimento. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.34, n.1, 2012. eISSN: 1806-9126.

MACIEL NETO, A. S. **Sequência didática para a aprendizagem significativa da acústica física e da acústica musical, relativas aos tubos sonoros, utilizando organizadores prévios e atividades experimentais com o tubo de Kundt**. Dissertação (Mestrado) – Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Polo 58, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife/PE, 2019. Disponível em: <<http://mnpef.ufrpe.br/?q=pt-br/dissertacoes>>. Acesso em: 24 ago 2021.

MONTEIRO JÚNIOR, F. N. **Educação sonora: encontro entre ciências, tecnologia e cultura**. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), Bauru/SP, 2012. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/102066>>. Acesso em: 24 ago 2021.

MOREIRA, Marco Antônio. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária LTDA, 1999.

MOREIRA, Marco Antônio. **I Encontro Nacional do MNPEF**. Conferência de Abertura, Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=isR9a8dD_Cs&t=1304s> Acesso em: 22 nov. 2021.

NUSSENZVEIG, M. **Física Básica**. v.2. 5ed. São Paulo: Edgar Blucher, 2014.

OLIVEIRA, V.; VEIT, E. A.; ARAÚJO, I. S. Relato de experiência com os métodos Ensino sob Medida (Just-in-Time Teaching) e Instrução pelos Colegas (Peer Instruction) para o Ensino de Tópicos de Eletromagnetismo no nível médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 1, p. 180-206, abr. 2015.

SAAB, S. C.; CÁSSARO, F. A. M.; BRINATTI, A. M. Laboratório caseiro: tubo de ensaio adaptado como tubo de Kundt para medir a velocidade do som no ar. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.22, n.1, 2005. eISSN 2175-7941.

SCHAFER, R. M. **A afinação do mundo** - uma exploração pioneira pela história passada e pelo atual estado do mais negligenciado aspecto do nosso ambiente: a paisagem sonora. Tradução: Marisa Trench de Oliveira Fonterrada. São Paulo: Editora da UNESP, 2001. ISBN 85-7139-353-2.

_____. **O ouvido pensante**. 2 ed. Tradução: Marisa Trench de Oliveira Fonterrada, Magda R. G. da Silva e Maria Pascoal. São Paulo: Editora da UNESP, 2003. ISBN 85-7139-016-9.

_____. **Educação Sonora**: 100 exercícios de escuta e criação de sons. Tradução: Marisa Trench de Oliveira Fonterrada. São Paulo: Editora Melhoramentos, 2009. ISBN 978-85-06-05989-0.

SILVA, W. P. et al. Velocidade do som no ar: um experimento caseiro com microcomputador e balde d'água. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.25, n.1, 2003. eISSN: 1806-9126.

SILVA, S. T.; AGUIAR, C. E. Propagação do som: conceitos e experimentos. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA – SNEF, XIX, 2011, MANAUS/AM. **Anais...** Manaus: Universidade Federal do Amazonas, 2011. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/~snef/xix/index.html/>>. Acesso em: 25 ago. 2021.

SOUZA JR., D. B.; ARAÚJO, J. W. B.; KAKUNO, E. M. Velocidade do som em metais pelo método do tempo de voo. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.42, 2020. eISSN: 1806-9126.

SPEZIALI, N. L.; VEAS, F. O. Ondas longitudinais: determinação da velocidade do som em metais. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.8, n.1, 1968. eISSN: 1806-9126.

STUDART, N. Inovando a ensinagem de física com metodologias ativas. **Revista do Professor de Física**, v. 3, n. 3, p. 1-24, Brasília, 2019.