

EXATAS E TECNOLÓGICAS

V.4 • N.1 • 2020 - Fluxo Contínuo

ISSN Digital: 2359-4942

ISSN Impresso: 2359-4934

DOI: 10.17564/2359-4942.2020v4n1p130-143



DETERMINAÇÃO EXPERIMENTAL DA VELOCIDADE DO SOM NO AR UTILIZANDO UM OSCILOSCÓPIO VIRTUAL

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF SOUND SPEED
IN THE AIR USING A VIRTUAL OSCILLOSCOPE

DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DE LA VELOCIDAD DEL
SONIDO EN EL AIRE USANDO UN OSCILOSCOPIO VIRTUAL

Wilson Leandro Krumpfenauer¹
Luiz Marcelo Darroz²

RESUMO

Neste artigo, descrevemos uma forma experimental de determinar a velocidade do som no ar, em sala de aula, por meio de um osciloscópio virtual. A proposta foi aplicada na disciplina de Física em uma turma do 2º ano do Ensino Médio de uma escola privada da região metropolitana de Porto Alegre-RS. O experimento, de baixo custo, utiliza tubos de PVC, computador e microfone, além de um *software* analisador de espectro. Utilizamos o princípio da ressonância para verificar os valores de frequência aferidos pelo *software*. Pelos resultados obtidos experimentalmente, verificamos que os valores encontrados para a velocidade do som no ar, a 20°C, aproximam-se dos valores encontrados na literatura, tornando o experimento útil em aulas de Física na Educação Básica.

PALAVRAS-CHAVE

Velocidade do Som. Osciloscópio. Ensino de Física.

ABSTRACT

In this paper, we describe an experimental way of determining the velocity of sound in the air, in the classroom, through a virtual oscilloscope. The proposal was applied in the discipline of Physics in a class of the second year of high school in a private school in the metropolitan region of Porto Alegre, RS. The experiment, low-cost, uses PVC pipes, computer and microphone, in addition to a spectrum analyzer software. We use the resonance principle to check the frequency values measured by the software. From the results obtained experimentally, we verified that the values found for the velocity of sound in the air, at 20° C, approximate the values found in the literature, making the experiment useful in Basic Physics classes.

KEYWORDS

Speed of sound; Oscilloscope; Physics Teaching.

RESUMEN

En este artículo, describimos una forma experimental de determinar la velocidad del sonido en el aire, en el aula, utilizando un osciloscopio virtual. La propuesta se aplicó a la disciplina de Física en una clase del segundo año de secundaria en una escuela privada en la región metropolitana de Porto Alegre, RS. El experimento de bajo costo utiliza tubos de PVC, una computadora y un micrófono, así como un software analizador de espectro. Usamos el principio de resonancia para verificar los valores de frecuencia medidos por el software. A partir de los resultados obtenidos experimentalmente, encontramos que los valores encontrados para la velocidad del sonido en el aire, a 20 ° C, están cerca de los valores encontrados en la literatura, lo que hace que el experimento sea útil en las clases de Física en Educación Básica.

PALABRAS CLAVE

velocidad del sonido; Osciloscopio; Didáctica de la física.

1 INTRODUÇÃO

A utilização de atividades experimentais em sala de aula é muito relevante e importante para diminuir as lacunas existentes entre ensinar e aprender (GOULART *et al.*, 2015), verificadas nas disciplinas de ciências e, mais especificamente, na disciplina Física no Ensino Médio.

É fato comum, ouvirmos por parte de professores que a prática metodológica experimental muitas vezes é ignorada devido à falta de laboratórios didáticos nas instituições de ensino. Relatam ainda que a inexistência de equipados e modernos laboratórios se dá muitas vezes por falta de recursos financeiros, pois tais têm custos comerciais muito elevados (KRUMMENAUER; WANNMACHER, 2016). A utilização de tecnologias modernas associadas às atividades experimentais tem se tornado uma solução prática e de baixo custo.

Aqueles ditos “velhos e ultrapassados” computadores, deixados de lado, existentes na grande parte das instituições de ensino, podem ser aproveitados como um eficiente recurso, apresentando imensas potencialidades, não somente para coleta e obtenção de dados mas para analisar e interpretar os dados obtidos por meio de *softwares* adequados (AGUIAR, 2003; KRUMMENAUER *et al.*, 2009; SILVA *et al.*, 2003). Pode-se, por exemplo, utilizar o computador na coleta e análise de dados experimentais e na simulação de fenômenos físicos. Sobre a utilização dos computadores em ambientes de ensino para aquisição de dados, Araújo (2003, p. 106) destaca:

[...] uso de computadores em laboratórios experimentais aproxima os estudantes das tecnologias modernas, facilitando o desenvolvimento das atividades experimentais de modo a possibilitar aos alunos um maior tempo para a interpretação dos resultados, ainda que estes resultados permaneçam sujeitos a incertezas provenientes de fontes externas ao processo de digitalização. Por outro lado, as facilidades provenientes do uso de computadores podem permitir aos estudantes repetir diversas vezes os experimentos e, assim, questionar os limites de validade dos modelos físicos utilizados e dos fatores e parâmetros envolvidos nos fenômenos abordados, contribuindo para o desenvolvimento do pensamento crítico e criativo, aproximando ainda os estudantes de uma ferramenta cada vez mais presente em seu cotidiano. Outro fator destacado é que o uso de computadores pode permitir o estudo de situações difíceis ou inviáveis na prática, possibilitando ainda maior facilidade de compreensão dos fenômenos físicos.

Como se pode constatar, o microcomputador desempenha um papel fundamental na geração e na aquisição de sinais eletrônicos. A utilização desta tecnologia presente em nosso cotidiano é, de fato, uma fonte riquíssima e essencial na prática docente no ensino de Física.

Dentro deste contexto apresenta-se uma forma experimental de determinar a velocidade do som no ar, utilizando como instrumento de coletas de dados a placa de som de um computador. Para interpretar e analisar os dados utiliza-se o *software* livre *winscope* que consiste num osciloscópio virtual. A atividade objetiva determinar a velocidade de propagação do som no interior de um tubo de PVC, por meio da visualização dos harmônicos obtidos por ressonância e suas respectivas frequências (SILVA *et al.*, 2003; AGUIAR, 2003).

A atividade prática descrita neste artigo foi aplicada em uma turma do 2º ano do Ensino Médio no componente curricular de Física e, do ponto de vista pedagógico, visou desenvolver as seguintes habilidades: “construir e investigar situações-problema, identificar a situação física, utilizar modelos físicos, generalizar de uma a outra situação, prever, avaliar, analisar previsões” (BRASIL, 1999, p. 29) e “Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científicotecnológicas” (BRASIL, 2009, p. 9).

1.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os fenômenos sonoros estão relacionados com as vibrações dos corpos materiais. O som é uma onda mecânica longitudinal que se propaga em um meio material (sólido, líquido ou gasoso), cuja frequência perceptível por nossos ouvidos está compreendida entre 20 Hz e 20.000 Hz.

Historicamente, relata-se que a primeira tentativa de mensuração da velocidade do som no ar fora realizada experimentalmente no século XVII. A ideia proposta pelo filósofo francês Pierre Gassendi para determinar a velocidade do som no ar consistia na detonação de um canhão no alto de uma montanha, a uma distância de aproximadamente 20 km. Mediu-se o intervalo de tempo decorrente entre a percepção do clarão e do som produzidos da explosão (AGUIAR, 2003). Sabendo que esta medida representava o tempo que o som levava para percorrer a distância de 20 km, calculava-se a velocidade do som no ar por meio da equação $v = \Delta y / \Delta t$ (razão entre distância percorrida e intervalo de tempo).

Atualmente, sabe-se que a velocidade do som aumenta em função da temperatura do meio no qual a onda se propaga. Para o ar, a velocidade do som (v), em m/s, é dada pela equação a seguir, sendo T a temperatura absoluta do meio e T_0 a temperatura absoluta correspondente a 0°C, isto é, 273,15 K. O valor 331,45 m/s da equação, corresponde à velocidade do som no ar a 0°C (AGUIAR, 2003).

$$v = 331,45 \sqrt{\frac{T}{T_0}}$$

Medir a velocidade do som em laboratórios didáticos nos dias atuais tem se tornado um experimento bastante comum (BARAÚNA *et al.*, 2015), a própria experiência dos autores deste trabalho ao longo de duas décadas na Educação Básica e Superior permite corroborar com esta afirmação. Apesar de existir variados roteiros experimentais, geralmente os métodos se dividem em dois tipos: os que analisam a ressonância e aqueles que relacionam distância percorrida com o tempo. Sobre os métodos de aferição da velocidade do som, Aguiar (2003, p. 2) salienta:

Os primeiros são relativamente fáceis de realizar, mas para compreender o procedimento experimental os estudantes devem estar familiarizados com conceitos relativamente avançados (principalmente para a escola média) como modos normais, ondas estacionárias, condições de contorno, ressonâncias, etc. Os experimentos do segundo tipo são descendentes diretos dos tiros de canhão de Gassendi: a velocidade do som é obtida pela razão entre uma distância e o tempo gasto para percorrê-la. Não há grandes dificuldades conceituais nestes experimentos, mas eles tendem a ser mais difíceis de montar – como

o som percorre centenas de metros por segundo, se usamos cronômetros manuais temos que colocar a fonte sonora muito distante do observador; se queremos fazer o experimento dentro de um laboratório temos que ser capazes de medir frações de milissegundo.

Neste trabalho, optamos por medir experimentalmente a velocidade do som, utilizando o princípio da ressonância que ocorre em tubos sonoros.

A produção do som nos tubos sonoros se dá devido à vibração do ar em seu interior. Esse som produzido pela vibração do ar é uma característica física de cada tubo. De acordo com as extremidades dos tubos sonoros, podemos classificá-los em abertos ou fechados, sendo que os abertos possuem as duas extremidades livres enquanto os fechados apresentam uma de suas extremidades obstruída.

No tubo aberto verifica-se que as ondas estacionárias obtidas pela vibração do ar em seu interior, devido à ressonância, apresentam ventres nas duas extremidades.

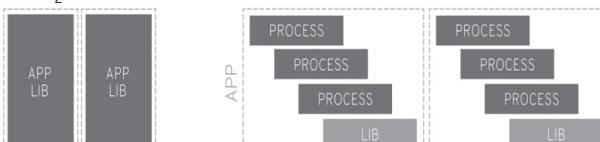
As Figuras 1, 2 e 3, apresentam a configuração dos comprimentos que entram em ressonância dentro de um tubo aberto.

Figura 1 – 1º Harmônico – frequência fundamental (f)



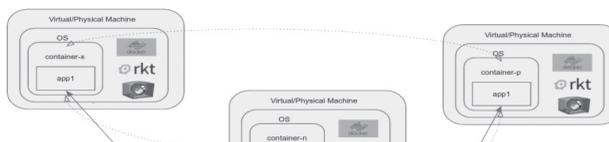
Fonte: Autores.

Figura 2 – 2º Harmônico – $f_2 = 2f$



Fonte: Autores.

Figura 3 – 3º Harmônico – $f_3 = 3f$



Fonte: Autores.

As frequências obtidas dentro de tubos sonoros, generalizando, são múltiplas do harmônico fundamental. Assim, pode-se dizer que a frequência do n ésimo harmônico é determinada por $f_n = nf$, onde n é o número do harmônico.

Como a velocidade do som é constante dentro do tubo, pode-se concluir que a frequência e o comprimento de onda são grandezas inversamente proporcionais. Assim, no 1º harmônico temos o maior comprimento de onda gerado dentro de um tubo sonoro. Para os demais harmônicos teremos cada vez menores comprimentos de onda.

Pode-se expressar o comprimento de onda gerado no interior do tubo em função do comprimento L do tubo. Desta forma tem-se para o 1º e demais harmônicos:

$$L = \lambda/2 \Rightarrow 1^\circ \text{ harmônico: meio comprimento de onda;}$$

$$L = 2\lambda/2 \Rightarrow 2^\circ \text{ harmônico: 2 meios comprimentos de onda;}$$

$$L = 3\lambda/2 \Rightarrow 3^\circ \text{ harmônico: 3 meios comprimentos de onda.}$$

Para o n ésimo harmônico temos, generalizando,

$$L = n \cdot \lambda/2 \Rightarrow \text{Enésimo harmônico: "n" meios comprimentos de onda}$$

$$\text{Ao isolar o comprimento de onda na equação acima se tem } \lambda = \frac{2L}{n}$$

Portanto, se a velocidade do som é expressa pela equação $v = \lambda f$, podemos reescrever esta equação em função do comprimento do tubo e do n° do harmônico:

$$v = \left(\frac{2L}{n} \right) f$$

A equação acima permitirá determinar a velocidade do som no interior do tubo desde que se conheça seu comprimento e a frequência do respectivo harmônico em questão.

2 MATERIAL E MÉTODOS: A ATIVIDADE EXPERIMENTAL

O roteiro que descrevemos a seguir, foi aplicado em uma turma de 28 alunos do 2º ano do Ensino Médio em uma escola privada da região metropolitana de Porto Alegre-RS. A atividade foi realizada em grupos de, no máximo, quatro alunos, no laboratório de informática da instituição. O envolvimento dos alunos na atividade, bem como a reflexão sobre os valores encontrados foram analisados de forma qualitativa. A hipótese é de que é possível determinar a velocidade do som no ar, utilizando-se tubos e um osciloscópio virtual.

No dia da realização do experimento a temperatura ambiente era de 20°C, isto é, 293,15 K, portanto, utilizando a equação da velocidade do som em função da temperatura, vista no capítulo 1.1, o valor esperado para a velocidade do som será:

$$v = 331,45 \sqrt{\frac{T}{T_0}} \rightarrow v = 331,45 \sqrt{\frac{293,15}{273,15}} \cong 343 \text{ m/s}$$

Conforme nossa proposta experimental descrita a seguir, bate-se palma em uma das extremidades abertas do tubo. O som produzido no interior do tubo será captado pelo microfone ligado à placa de som do computador. Assim, o espectrômetro sonoro (computador + software) registrará o espectro sonoro produzido no interior do tubo para posterior análise. Na tela do software *winscope*, aparecerá as diferentes frequências que o compõem (fundamental e harmônicas). Deslizando o cursor pelo espectro ter-se-á a indicação da frequência correspondente. A menor frequência, localizada pelo cursor, é a fundamental e as superiores são as os harmônicos consecutivos (BARAÚNA *et al.*, 2015).

O experimento pode ser reproduzido, utilizando-se tubos variados nas mesmas condições de temperatura. Os materiais utilizados para realização da atividade são:

- Microcomputador;
- Software simulador de osciloscópio – *winscope* - para aquisição de dados via placa de som;
- Microfone com conexão para computador;
- Tubos de PVC de diferentes comprimentos e diâmetros.

O aparato experimental é de fácil construção, basta conectarmos um microfone ao computador e colocá-lo numa das extremidades de um tubo de PVC (FIGURA 4).

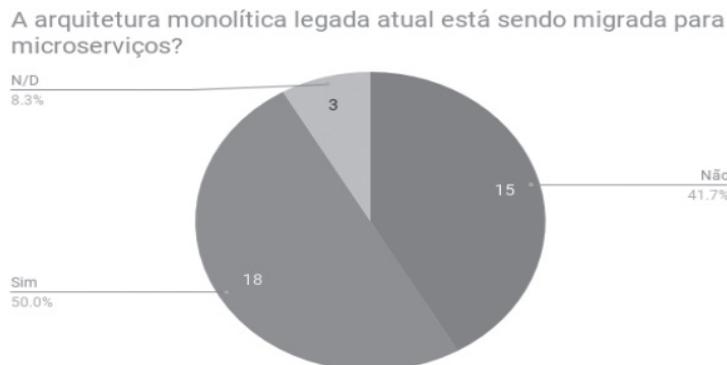
Figura 4 – Montagem do experimento



Fonte: Autores.

Para aquisição de dados descrevemos, a seguir, os seguintes passos:

- Inicia-se o *software winscope*;
- Após iniciar o software irá aparecer a seguinte tela (FIGURA 5):

Figura 5 – Tela inicial do winscope

Fonte: Autores.

iii. Pressione o botão **Waite-mode** [W]. Este botão permitirá parar automaticamente a varredura quando o nível Y1 excede os valores pré-definidos, ou seja, após a emissão do sinal sonoro, ficará armazenada a forma da onda capturada pelo software;

iv. Pressione o botão **on-line** [P] para iniciar a captura do sinal;

v. Bata palma bem próximo à extremidade do tubo de PVC (extremidade oposta ao microfone).

O som gerado entrará em ressonância no interior do tubo. O microfone irá capturar o som, a placa de som irá converter o sinal analógico em digital e o *software* irá processar e gerar o formato de onda sonora que estava em ressonância dentro do tubo de PVC;

vi. Para analisar os dados capturados pressione o botão **FFT** [F]. Este botão aciona o espectrômetro. Assim, o *software* mostra o espectro da amplitude de sinal capturado;

vii. Para controlar a aparência do espectro, use o deslizador T para mudar a escala de frequência e os deslizadores Y1, Y2, Pos Y1, Pos Y2 para ajustar o ganho e a posição vertical das amplitudes. Assim se pode ver com maior exatidão os picos da forma de onda que representam os harmônicos da onda sonora captados por ressonância dentro do tubo de PVC;

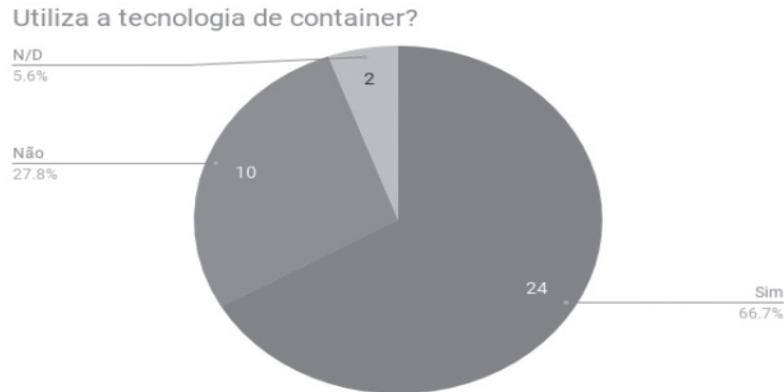
viii. Coloque o cursor do mouse sobre o primeiro “pico” de frequência. Este primeiro pico representa o primeiro harmônico. Pode-se ler na barra inferior o valor da frequência do harmônico. Observe a frequência de cada harmônico, passando o mouse sobre cada um dos picos verificados;

ix. Para repetir a experiência é melhor restaurar as configurações originais do software. Para isso aperte no botão **reset controls** [R] do painel de controles do osciloscópio.

3 RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Para realizar o experimento, utilizamos tubos de comprimentos variados, de acordo com a escolha de cada grupo, todos com 4 cm de diâmetro. Ao bater palma na extremidade do tubo, produzimos um som que entrou em ressonância em seu interior. O som foi captado pelo microfone ligado à placa de som do computador. O espectrômetro sonoro registrou o espectro do som produzido no interior do tubo. Na Figura 6, apresentamos os dados obtidos pelo grupo 1.

Figura 6 – Espectro do som produzido pelo grupo 1



Fonte: Autores.

Na tela do *software winscope*, aparecerá as diferentes frequências que o compõem, fundamental e harmônicas. Deslizando o cursor pelo espectro ter-se-á a indicação da frequência correspondente. A menor frequência é a fundamental e as superiores são as os harmônicos consecutivos. Como podemos ver na Figura 6, a frequência obtida tem valor 532,9Hz, utilizando um tubo de 30 cm de comprimento. Assim, utilizando a equação $v = \left(\frac{2 \cdot L}{n}\right) \cdot f$ o respectivo grupo determinou a velocidade de

propagação do som no interior do tubo de PVC.

Se $f = 532,9H$, $n = 1$ (primeiro harmônico) e $L = 0,3$ m (comprimento do tubo) temos:

$$v = \left(\frac{2 \cdot 0,3}{1}\right) \cdot 532,9$$

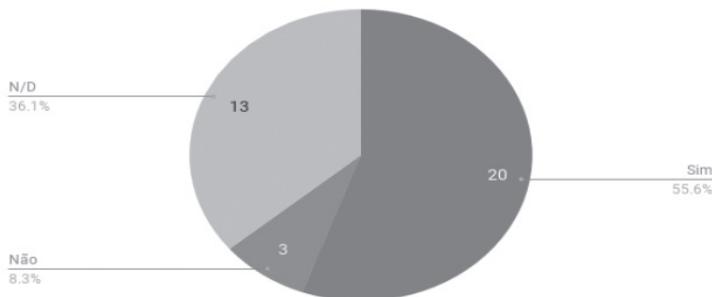
$$v \cong 320m/s$$

Portanto, a velocidade do som obtida experimentalmente, para uma temperatura de 20°C, é muito próxima do valor teórico de 343 m/s encontrado matematicamente no Capítulo 2 deste trabalho.

Já o grupo 2, repetiu os procedimentos anteriores, agora usando a frequência do 2º harmônico. A Figura 7 apresenta o espectro produzido no experimento deste grupo.

Figura 7 – Espectro no 2º harmônico produzido pelo grupo 2

Utiliza tecnologia de containers em arquitetura de microserviços?



Fonte: Autores.

Na imagem, podemos verificar que a frequência do 2º harmônico é de 1047,4 Hz, para um tubo com 32 cm de comprimento. Se $n = 2$ e $L = 0,32$ m, temos:

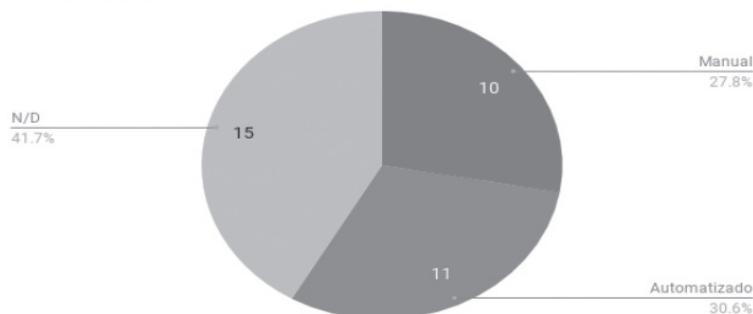
$$v = \left(\frac{2 \cdot 0,32}{2} \right) \cdot 1047,4$$

$$v \cong 335 \text{ m/s}$$

O grupo 3 utilizou o 3º harmônico, repetindo os processos descritos anteriormente, obtendo uma frequência de 1580,2Hz, com um tubo de 33 cm de comprimento. A Figura a seguir representa a tela do osciloscópio virtual obtida pelo referido grupo.

Figura 8 – Espectro do 3º harmônico produzido pelo grupo 3

Como é integrada a arquitetura de microserviços e tecnologia de containers?



Fonte: Autores.

Se $n = 3$ e $L = 0,33$ m, temos:

$$v = \left(\frac{2 \cdot 0,3}{3} \right) \cdot 1580,2$$

$$v \cong 347,6 \text{ m/s}$$

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pelos resultados apresentados, demonstramos que a velocidade do som pode ser medida com ótima precisão de uma maneira relativamente simples e com baixo investimento, os tubos de PVC foram utilizados a partir de resíduos de uma reforma na escola, ou seja, caso a escola já possua computador disponível, pode-se realizar o experimento com custo zero. O experimento envolve conceitos como ressonância, ondas estacionárias e série harmônica e, evidentemente, pode ser realizado com estudantes de Física da Educação Básica. Além de medir a velocidade do som, este experimento permite que se explorem aspectos importantes da aquisição de dados em um laboratório didático moderno, como transdutores (o microfone) e conversores analógico-digitais.

A velocidade do som é apresentada ao aluno do Ensino Médio como um número pronto e sem qualquer reflexão (CAVALCANTE *et al.*, 2011), o experimento proposto permite que se afirme e se analise o valor da velocidade do som no ar, além de trabalhar diferentes conceitos como período, frequência e comprimento de onda.

Os resultados obtidos experimentalmente pelos alunos, se aproximam com excelente precisão daquele encontrado matematicamente por meio da equação da velocidade do som para a temperatura do ar de 20°C, ou seja, uma velocidade de 343 m/s. O desvio médio dos valores encontrados experimentalmente foi de apenas 8,8 m/s em relação ao valor encontrado matematicamente, isto é, uma diferença de apenas 2,57% entre o valor esperado e a velocidade encontrada experimentalmente. Estas pequenas variações nas medidas encontrados pelos grupos se devem a fatores como pequenos erros na medição do comprimento dos tubos e limitações dos instrumentos de medida.

Os resultados encontrados no experimento se aproximam daqueles obtidos de outras formas e que utilizaram conceitos diferentes como aqueles apresentados neste trabalho, nesse sentido destacamos os trabalhos de Aguiar (2003), Baraúna e colaboradores (2015) e Silva e colaboradores (2003).

A utilização do computador como instrumento de medida e análise de dados tornou o processo de determinação da velocidade do som muito simples sob o ponto de vista experimental, além de ter um baixo custo financeiro, podendo ser reproduzido em sala de aula sem grandes restrições e sem necessidade de um laboratório de Física, por exemplo.

O empenho e dedicação dos alunos na realização da atividade também merece destaque, todos os grupos realizaram com êxito a atividade proposta, conheciam um valor aproximado da velocidade do som pela frequente utilização na resolução de exercícios, no entanto, a prática descrita neste trabalho permitiu que os alunos compreendessem, por meio da experimentação, como é possível determinar um valor, mesmo que aproximado, para a velocidade do som no ar e compará-lo com os valores encontrados na literatura. Em diferentes livros didáticos para o Ensino Médio (CHIQUETTO, 2001; BONJORNO, *et al.*, 2002) encontramos o valor de 340 m/s como um valor constante para a velocidade do som, com pouca ou nenhuma referência sobre as formas de aferição.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, C. E. Medindo a velocidade do som com o microfone do PC. Simpósio Nacional de Ensino de Física, 16, 2003. **Anais [...]**, 2003. Disponível em <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvi/cd/resumos/T0064-2.pdf>. Acesso em: 1 maio 2019.

ARAÚJO, M.S.T.; ABID, 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, 2003.

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, p. 1-10, 2015.

BRASIL, Ministério da Educação: Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: Ministério da Educação, 1999. 364 p.

BRASIL, Ministério da Educação e Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Matriz de Referência para o ENEM**. Brasília-DF, 2009. 26 p.

BONJORNO, R. A.; BONJORNO, J. R. BONJORNO, V.; CLINTON, M. **Física fundamental**. Volume Único. São Paulo: FTD, 2002. 455 p.

CAVALCANTE, M. A.; PEÇANHA, R.; LEITE, V. F. Determinação da velocidade do som no ar através do eco. **Física na Escola**, v. 12, n. 2, p. 1-6, 2011.

CHIQUETTO, M. J. **Física**. Volume único. São Paulo: Scipione, 2001. 323 p.

GOULART, G. S.; RUVIERO, C. T.; DUTRA, C. M. Atividade experimental no ensino de física: Uma ferramenta didática na aprendizagem de conceitos físicos. **Ensino & Pesquisa**, v. 13, n. 3, p. 19-33, 2015.

KRUMMENAUER, W. L.; PASQUALETTO, T. I.; COSTA, S. S. C. O uso de instrumentos musicais como ferramenta motivadora para o ensino de acústica. **Física na Escola**, v. 10, n. 2, p. 22-24, 2009

KRUMMENAUER, W. L.; WANNMACHER, C. M. D. Percepção dos professores de Física na Educação de Jovens e Adultos acerca do interesse discente pelas aulas. **Travessias**, UNIOESTE, v.10, p. 353-367, 2016.

SILVA, W. P.; SILVA, C. M. D.; FERREIRA, T. V.; ROCHA, J. S.; SILVA, D. P. S.; Velocidade do som no ar: um experimento caseiro com microcomputador e balde d'água. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 1, p. 1-13, 2003.

Recebido em: 30 de Março de 2020

Avaliado em: 5 de Maio de 2020

Aceito em: 10 de Agosto de 2020



A autenticidade desse artigo pode ser conferida no site <https://periodicos.set.edu.br>



Este artigo é licenciado na modalidade acesso abertosob a Atribuição-Compartilhaigual CC BY-SA

1 Doutorado em Educação em Ciências Química da Vida e Saúde (UFRGS).

2 Doutorado em Educação em Ciências Química da Vida e Saúde (UFRGS).

