

**Projeto para o curso de Instrumentação para Ensino - F809**  
**2º Semestre de 2002**

***Interferência de Ondas Acústicas***

Fernando de Mattos. e-mail: [fernandodemattos@uol.com.br](mailto:fernandodemattos@uol.com.br)  
Orientador: Prof. Dr. Mauro M. G. Carvalho. e-mail: [mauro@ifi.unicamp.br](mailto:mauro@ifi.unicamp.br).

**Introdução**

Pretendemos, neste trabalho, realizar um experimento que demonstre qualitativamente os efeitos da interferência em ondas acústicas utilizando materiais de fácil obtenção, permitindo sua reprodução em salas de aula. O aparato consiste em um oscilador conectado a dois auto-falantes fixos convenientemente separados e um microfone que pode se mover em um plano, ligado a um indicador de intensidade sonora, permitindo ao experimentador verificar os pontos de interferência construtiva e destrutiva das ondas acústicas. Com algumas adaptações, fenômenos como reflexão, absorção e difração das ondas também podem ser experimentados

**Público Alvo**

Como a acústica e os fenômenos de interferência de ondas são parte do conteúdo do ensino médio, o experimento pode ser realizado satisfatoriamente por alunos a partir deste nível, contribuindo com seu aprendizado.

**Aparato Experimental**

Como pensamos em um experimento simples, que possa ser facilmente reproduzido em salas de aula, optamos pelo uso de um microcomputador equipado com recursos de som como oscilador, pela sua relativa disponibilidade nas escolas e facilidade de operação, comparada à construção de um oscilador eletrônico ou mesmo à obtenção de um gerador de áudio profissional.

Como indicador da intensidade sonora relativa, pode ser usado um equipamento de som doméstico, como um gravador cassete ou amplificador com entrada para microfone que possuam esse recurso (VU-meter). Alternativamente, desenvolvemos para este fim um circuito eletrônico com indicação digital, que emprega componentes de fácil obtenção no mercado e que pode ser montado por qualquer pessoa que possua conhecimentos mínimos em eletrônica. Este circuito simples tem como principal característica a indicação relativa de intensidade sonora através de uma barra de LED's (bargraph), o que possibilita uma visualização mais fácil a média distância numa demonstração em sala de aula, tornando a experiência mais atrativa aos alunos. Seu diagrama esquemático completo é fornecido no final deste artigo.

**Operacional**

A realização dos experimentos de interferência de ondas sonoras propostos requer, além de condições ambientais minimamente adequadas (silêncio), o uso de um programa de geração de sons no microcomputador, o qual deve ser equipado com placa de som estereofônica e duas caixas acústicas.

Para esse fim, escolhemos o programa Expression Tone Generator ([www.download.com](http://www.download.com)), desenvolvido pela empresa VoiceSync, por sua simplicidade de uso.

Este programa aceita comandos diretos para a geração de som em cada canal, separadamente, sendo adequado aos nossos objetivos. Para obtermos, por exemplo, uma onda sinusoidal de frequência igual a 500 Hz no canal direito abre-se a janela

correspondente (Right) e digita-se o comando: “wave (1,500,0)”, onde o argumento “1” refere-se a um valor relativo de amplitude, “500” para a frequência desejada e “0” é o argumento de fase. Se desejamos a mesma onda, defasada de 180° no canal esquerdo, abrimos a janela correspondente (Left) e digitamos: “wave(1,500,PI)”, lembrando de desligar a opção “L=R”.

### Experimento I - Interferência de ondas

Com os sonofletores posicionados próximos à borda de uma mesa, a uma distância de um metro, aproximadamente, selecionamos duas ondas coerentes de frequência igual a 680 Hz (comprimento de onda de 0,5 m) no programa através do comando “wave (1,680,0)” em ambos os canais. Posicionamos o microfone num ponto médio entre os sonofletores, a uma distância conveniente, de forma a obter uma leitura média no medidor. Movemos, então o microfone para a direita e a esquerda, de forma que sua distância a cada uma das fontes seja ligeiramente diferente (figura-1) e percebemos uma diminuição na intensidade mostrada no indicador. Com isso, verificamos que a posição média corresponde a um ponto de interferência construtiva que atende à condição:

$$\Delta d = n \frac{\lambda}{2} ; \quad n = 0, 2, 4, 6, \dots \quad (1-1)$$

Onde  $\Delta d$  é a diferença entre as distâncias das fontes ao detector, que obviamente se anula no ponto médio.

Fazendo com que as fontes trabalhem em oposição de fase, através do comando “wave (1,680,PI)”, e repetindo o procedimento acima, vamos verificar que, ao deslocarmos o microfone da linha média entre as fontes, a intensidade mostrada pelo indicador irá aumentar de forma simétrica, encontrando sobre esta um “ponto de mínimo”, de acordo com a condição de interferência destrutiva

para ondas em oposição de fase que é a mesma mostrada pela equação 1-1.

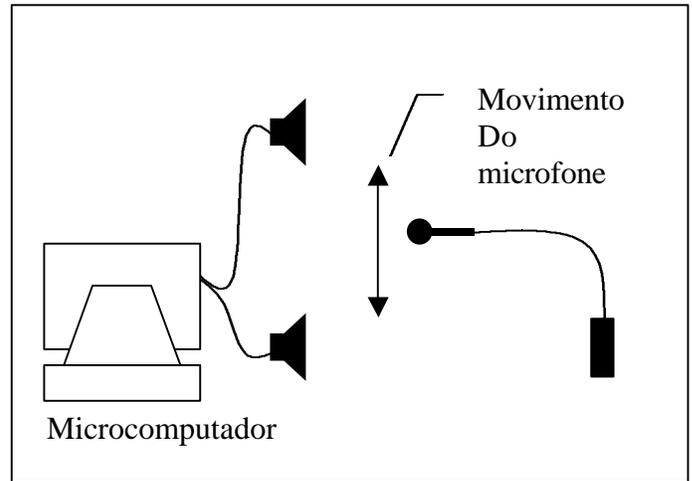


Figura – 1

Com o auxílio de uma trena ou fita métrica, pode-se verificar a existência de outros pontos de máximo e mínimo usando-se a equação 1-1, ou, alternativamente, a condição de interferência destrutiva para ondas coerentes (ou construtiva para ondas em oposição de fase):

$$\Delta d = n \frac{\lambda}{2} ; \quad n = 1, 3, 5, 7, \dots \quad (1-2)$$

Se as fontes estiverem em oposição de fase, temos a inversão das condições acima, ou seja,  $n$  deve ser ímpar para interferência construtiva e, par, no caso de interferência destrutiva.

### Experimento I I – Experiência de Thomas Young para ondas acústicas.

Aproximando-se as caixas acústicas, podemos produzir uma “versão acústica” da célebre experiência de Young. Pode-se determinar aproximadamente o comprimento da onda sonora, emitida pelas duas fontes (em fase) utilizando o arranjo mostrado na figura 2.

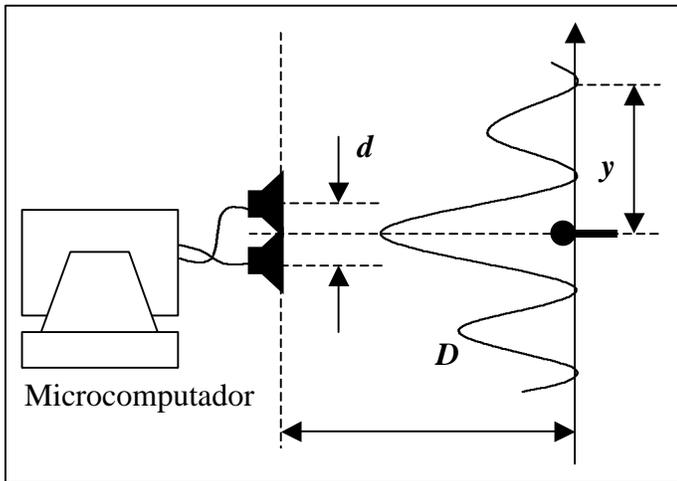


Figura – 2

Neste caso, o comprimento de onda,  $\lambda$ , obedece à seguinte relação:

$$I = \frac{2yd}{kD}; \quad D \gg d \quad (1-3)$$

Onde  $y$  é a distância entre o ponto de máximo (ou mínimo) e o máximo central (a distância entre dois máximos ou dois mínimos consecutivos é a mesma),  $d$  é o espaçamento entre as duas fontes;  $D$ , a distância entre o eixo horizontal paralelo ao plano frontal das caixas e  $k$  é um inteiro relacionado com a ordem do ponto de interferência: para  $k=0,2,4,\dots$  temos pontos de máximo (interferência construtiva); para  $k=1,3,5,\dots$  temos pontos de mínimo (interferência destrutiva).

### Experimento III – Reflexão e absorção de ondas acústicas.

Pode-se verificar qualitativamente a reflexão e absorção de ondas acústicas comparando o efeito causado na intensidade sonora aproximando do microfone anteparos feitos de diversos materiais como madeira, isopor, metais, espuma, etc, permitindo comparar suas propriedades acústicas. O

experimento, bastante ilustrativo, é muito simples de ser realizado, podendo utilizar qualquer fonte sonora que emita uma onda de intensidade constante, como um instrumento musical de brinquedo (figura 3).

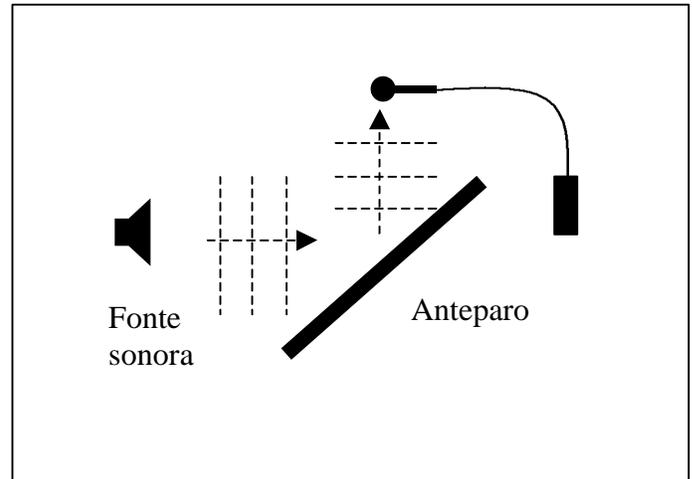


Figura – 3

### Conclusão

Creemos ter atingido plenamente o objetivo desse trabalho, que é o de procurar, através da realização de experimentos simples e ilustrativos, levar o aluno a um aprendizado significativo no campo de interferência de ondas acústicas. Os equipamentos utilizados, no entanto, permitem a realização de outros tantos experimentos neste campo que não foram aqui explorados.

### Referências:

- [1] Malvino, A P. Eletrônica. Vol. 1. São Paulo: Makron Books, 1995.
- [2] Marques, Ângelo E. B. Dispositivos Semicondutores: Diodos e Transistores. São Paulo: Ed. Érica, 1996.

[3] Villas Bôas, Newtons. Tópicos de Física. São Paulo: Editora Saraiva, 2002.

[4] Halliday, D.; Resnick, R.; Walker J. Fundamentos de Física 4<sup>a</sup> Ed., Vol.2. Rio de Janeiro: LTC S.A., 1996.

[5] LM3915 DOT/BAR DISPLAY DRIVER. National Semiconductor Corporation, 2001.

[www.national.com](http://www.national.com)

### **Anexos:**

[1] Diagrama do circuito indicador digital de intensidade sonora desenvolvido para este trabalho.

[2] LM3915 datasheet. National Semiconductor corporation.

### **Versão digital:**

[1] LM3915.pdf . datasheet. National Semiconductor Corporation.

Anexo 1 - Diagrama do circuito indicador digital de intensidade sonora.

