
DEMONSTRE EM AULA

GERADOR DE ONDAS ESTACIONÁRIAS EM UMA CORDA

*Luigi Toneguzzo
Fernando Otávio Coelho
Depto. de Física – UFV
Viçosa – MG*

I. Introdução

Há determinados tópicos da Física que são particularmente complexos quando abordados em sala de aula. E, se o enfoque dado pelo professor é puramente positivo, a reação dos estudantes é, freqüentemente, de desinteresse e apatia, sem a menor motivação, que é fator indispensável para a aprendizagem. Neste sentido, entendemos que a observação de fenômenos físicos, acompanhada de discussão visando o entendimento, é, com certeza, o procedimento adequado para que o professor guie com segurança os seus alunos à descoberta de um mundo sempre fascinante.

A prática de laboratório ou, na ausência deste, a realização de demonstrações práticas simples na própria sala de aula é a melhor forma de despertar a curiosidade, estimular o debate e aprimorar o senso crítico dos alunos. Não obstante as limitações, que sempre existem, podemos, com alguma criatividade, transmitir uma idéia ou um conceito de forma satisfatória, munidos de dispositivos que, sem serem sofisticados, se tornam úteis ferramentas didáticas.

Procuramos, nesse trabalho, dar aplicabilidade à idéia, utilizando como exemplo o fenômeno de propagação de ondas em uma corda.

II. O gerador de ondas estacionárias e sua utilização

O equipamento ilustrado na Fig. 1 é composto de: um quadro em madeira, um motor, do tipo usado em gravadores, ao qual é acoplado um cilindro, dotado de uma ranhura oblíqua em relação ao eixo, que transmite ao fio a vibração com freqüência idêntica à da rotação do motor, e um mecanismo de ajuste da tensão no fio.

O motor é alimentado por uma fonte de tensão contínua, variável de 0 a 15 volts, e uma corrente máxima de 1,0 A.

Adotamos, como meio vibrador, um fio de algodão de cor preta n° 40 com 30 cm de comprimento e densidade linear de massa μ de 0,179 g/m.

Esse dispositivo pode ser utilizado diretamente para se visualizar as mutações da onda estacionária quando o interesse é de um grupo pequeno de alunos; ou indiretamente, por intermédio de retroprojektor, para um contingente maior de alunos na sala de aula. Nesse sentido, o aparelho foi projetado e dimensionado para ser acoplado ao retroprojektor.

III. Considerações preliminares e teste do aparelho

Sem pretender fazer uma exposição teórica acerca da propagação de ondas unidimensionais, que aliás não é o propósito desse trabalho, é necessário enfocar alguns princípios e relacionar determinadas variáveis que são fundamentais na compreensão do fenômeno abordado.

O movimento ondulatório produzido em uma corda pode ser descrito pela equação que denota características específicas do fio, isto é:

$$c = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad (1)$$

na qual a velocidade de propagação da onda c depende somente da tensão T aplicada à corda e da densidade linear de massa μ ; ou pela equação de natureza física mais genérica,

$$c = \lambda f \quad (2)$$

na qual a velocidade depende do comprimento de onda λ e da frequência f com que a onda é gerada.

Visando analisar os harmônicos de uma onda estacionária em função da frequência, tomamos constantes os parâmetros ℓ , μ , comprimento e densidade do fio, respectivamente, e a tensão T , aplicada a ele.

Ainda, observando a Fig.2, verificamos que

$$\lambda = \frac{2\ell}{n} \quad (3)$$

Combinando as equações (1), (2) e (3) obtemos:

$$n = f(2\ell \sqrt{\frac{\mu}{T}}), \quad (4)$$

na qual a frequência aparece como variável independente do harmônico de ordem n e diretamente proporcional a este.

Efetivamente, sendo constante a velocidade de propagação, o comprimento de onda tende a decrescer, enquanto a frequência e a ordem do harmônico tendem a aumentar (Fig.2).

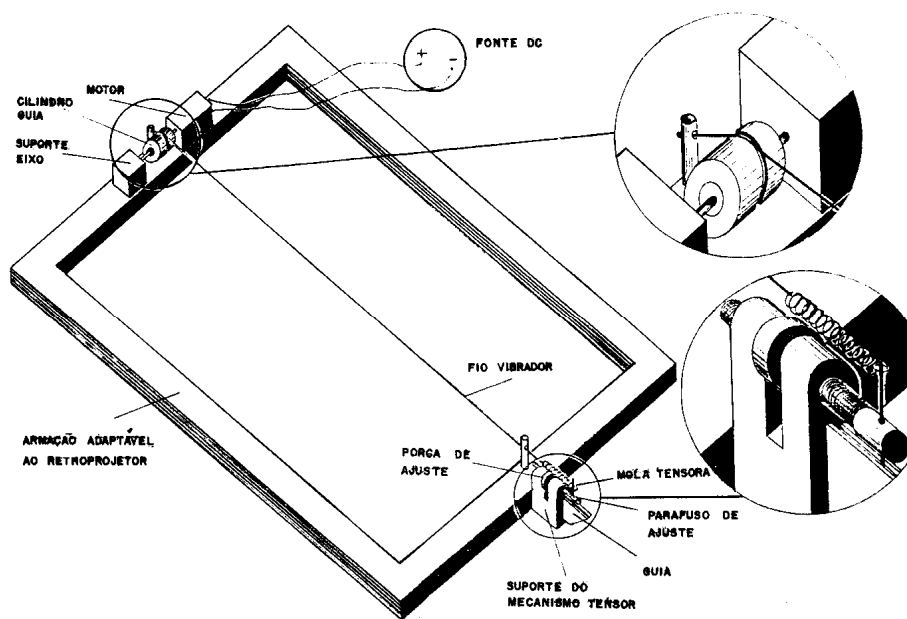


Fig.1- Detalhamento do gerador de ondas estacionárias

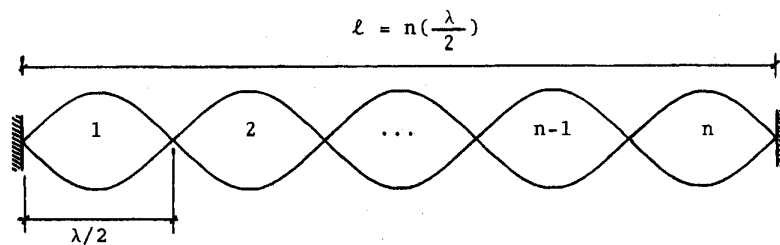


Fig. 2 – Onda estacionária unidimensional

Com base nessas premissas, o teste foi conduzido observando-se o comportamento da onda estacionária com a variação da frequência de rotação do motor. Assim, por meio de graduais ajustes da voltagem da fonte, conseguimos a formação dos 1º, 2º, 3º, 4º e 5º harmônicos. Os resultados estão registrados no seguinte quadro:

n	1	2	3	4	5
f	12,5	25	37,5	50	65,5

Esse quadro, que pode surpreender alguém menos avisado e colocá-lo sob suspeição, deve ser melhor entendido. É sabido que um harmônico, o 3º, por exemplo, pode continuar persistindo mesmo que a frequência oscile entre 35 e 40 Hz. Por essa razão, alguns cuidados foram tomados e um criterioso procedimento foi adotado. Após exaustivos testes, foi escolhida uma tensão capaz de permitir a formação do menor número de harmônicos possível.

A seguir, operamos um ajuste fino da voltagem até se conseguir uma frequência, medida com um estroboscópio eletrônico, e um harmônico ideal que serviram de referência. Assim, foi detectado o 2º harmônico para a frequência de 25 Hz.

Os demais harmônicos surgiram quando foram usadas frequências múltiplas daquela que gerou o 1º harmônico. Esse procedimento foi repetido tanto partindo da frequência fundamental de 12,5 Hz, conferindo os demais em ordem crescente, bem como seguindo o caminho inverso. O que se viu foi a confirmação dos dados que constam no quadro.

Para se obter esses resultados, verificamos que a tensão aplicada ao fio deve ser extremamente baixa para que seja obtido o 5º harmônico. Neste caso tem-se: $f = 65,5$ Hz, $\lambda = 0,12$ m, $c = 7,9$ m/s e $T = 0,011$ N. Embora seja possível relacionar os harmônicos com a tensão tomando-se uma frequência constante, fica evidente a inviabilidade desse procedimento, face à dificuldade de se medir tensões tão pequenas. Um simples cálculo da constante elástica da mola nos revela que esta deve ser da ordem de 2 N/m.

Se na equação (4) a frequência for constante, verificamos que a tensão é inversamente proporcional ao quadrado de n , isto é: $T \propto \frac{1}{n^2}$.

Uma constante elástica de 2 N/m e uma frequência de 40 Hz determinariam, no nosso experimento, um alongamento da mola de 2 mm para a formação do 5º harmônico e de 50 mm para se alcançar o 1º harmônico.

IV. Conclusão

O equipamento apresentado é, de certa forma, simples e de fácil manuseio, permitindo, aos que dele fizerem uso, a possibilidade de analisar outros aspectos além daquele que foi discutido neste texto.

Embora não seja um aparelho de precisão, é útil para se fazer uma análise qualitativa de fenômenos associados ao movimento ondulatório unidimensional.

Acreditamos que, em outras áreas do conhecimento da Física Básica, experiências semelhantes, que auxiliem o professor na delicada tarefa de transmitir o conhecimento, devam ser empreendidas a título de motivação no processo de aprendizagem.