

	<b>LADIF</b> <b>ROTEIRO DA EXPERIÊNCIA</b>		<b>UFRJ</b> <b>IF</b>
	Disciplina : <b>Mecânica</b>	Tema : <b>Ondas</b>	
Código : <b>1H-06</b>	Nome: <b>SONÔMETRO</b>		
Onde encontrar :			
<b>Potencialidade :</b> Análise quantitativa das equações de propagação de ondas numa corda. <b>Palavras Chaves :</b> <b>Ref. Bibliográficas :</b>			

### Roteiro da Experiência

**Material Utilizado:** O Sonômetro é composto pelos seguintes equipamentos (como mostra a Figura 1):

- Sonômetro básico com ajuste de alavanca de tensão;
- duas barras;

- 10 arames (cordas de guitarra), duas de cada diâmetro abaixo (entre parênteses, sua respectiva densidade linear):

- 0.010” (0.39 g/m);
- 0.014” (0.78 g/m);
- 0.017” (1.12 g/m);
- 0.021” (1.50 g/m);
- 0.023” (1.84 g/m).

Para realizar experimentos qualitativos, você também precisará de um suporte de massa e aproximadamente 2 kg de massa para pendurar na alavanca de tensão.

Figura 1

**Montagem:**

**Como montar o sonômetro (veja a Figura 2):**

1. Escolha uma das dez cordas e coloque o pequeno aro de metal mantendo-o na fenda na alavanca de tensão.
2. Afrouxe o parafuso de ajuste da corda e coloque a argola que está no outro final da corda na cabeça do parafuso, como mostra o desenho.
3. Estique a corda no parafuso de ajuste até a alavanca de tensão permanecer nivelada na horizontal.

<b>ELABORADO/REVISADO:</b> <b>MÊS/ANO:</b>	<b>APROVADO:</b> <b>MÊS/ANO:</b>
---	-------------------------------------

4. Coloque as barras em qualquer lugar, para determinar o comprimento da corda.
5. Pendure uma massa (aproximadamente de 2 kg) na alavanca de tensão até produzir a tensão desejada, então ajuste o parafuso tanto quanto precise para que a alavanca de tensão permaneça horizontal. (A alavanca deve estar nivelada para determinar exatamente a tensão da corda com a massa pendurada).

### **Figura 2**

A tensão na corda é determinada como mostra a Figura 3. Se você pendura uma massa “M” em uma das fendas da alavanca, a tensão da corda é igual a  $Mg$ , onde  $g$  é a constante gravitacional ( $9.8 \text{ m/s}^2$ ). Se você pendura uma massa na fenda 2, a tensão será igual a  $2Mg$ ; se na fenda 3,  $3Mg$ , etc.

### **Figura 3**

6. Você pode agora:

- Variar a tensão da corda pendurando a massa nas diferentes fendas na alavanca de tensão. (Sempre ajustando a corda no parafuso para que a alavanca permaneça nivelada).
- variar o comprimento da corda, ajustando a distância entre as barras.
- variar a densidade linear da corda, mudando as cordas.
- puxar a corda e observar cada um dos vários efeitos da frequência de ressonância.

## **Experiência 1: Modo de ressonância em uma corda tensionada**

### **Procedimento:**

1. Ajuste o Sonômetro como mostrado na Figura 1.1.

Comece com as barras de 60 cm de afastamento. Use qualquer uma das cordas do kit e um corpo de massa de aproximadamente 2Kg do nível de tensionamento. Ajuste a barra de apoio do peso de tensionamento de maneira que a haste fique na posição horizontal, como mostrado na figura em anexo. Posicione o **DRIVER** a aproximadamente 5 cm da primeira barra(Figura 1.1) e posicione o **DETETOR** próximo ao centro da corda. Faça uma tabela com os valores da densidade linear da corda, tensão e comprimento.

2. Ajuste o gerador de sinal para operar com ondas senoidais e ajuste o osciloscópio para aproximadamente 5 mV/cm.

3. Aumente vagarosamente a frequência do sinal do **DRIVER**, comece aproximadamente a 1Hz. Ouça um ligeiro aumento de volume do som do sonômetro e/ou um aumento do tamanho do sinal do **DETETOR** na tela do osciloscópio. Frequências que resultam na máxima vibração da corda são chamadas de frequências de ressonância. Determine a frequência mais baixa que a ressonância ocorre. Esta é a ressonância em que primeiro módulo de ressonância ou módulo fundamental. Meça a frequência e anote na Tabela 1.1.

4. Comece com o **DETETOR** mais próximo que você conseguir de uma das barras. Veja na tela do osciloscópio o que acontece quando você afasta o **DETETOR** ao longo da corda. Localize e anote a localização de cada nodo e antinodo. Anote seus resultados na Tabela 1.1.

5. Continue aumentando a frequência para encontrar as frequências de ressonância sucessivas(pelo menos 5 ou 6). Anote a frequência de ressonância de cada módulo, e a localização dos nodos e antinodos.

**Observação:** A frequência de saída do sinal do **DETETOR** não deve ser a frequência em que a corda está vibrando. Usando um canal duplo no osciloscópio, você pode determinar se as duas frequências são as mesmas, ou se a frequência de vibração é um múltiplo da frequência de saída, como mostrado na Figura 1.2.

6. Pelos resultados obtidos, determine e anote o comprimento da corda de cada grau de ressonância que você descobriu.(Note que nodos adjacentes são metade do comprimento anterior).

7. Mude o comprimento da corda movendo uma ou ambas as barras. Construa uma nova tabela e repita as medidas feitas anteriormente para pelo menos três comprimentos diferentes.

### **Análise:**

Usando seus dados, determine a forma de sucessivas formas de ondas de ressonância quando a frequência é aumentada. Como as formas de onda dependem do comprimento da corda? Esboce as formas de onda na ressonância de um comprimento de corda arbitrário. Que relação existe entre o comprimento de onda e o comprimento da corda quando ocorre a ressonância? Você pode descrever esta relação matematicamente.

Para cada comprimento de onda, observe a frequência que a ressonância ocorre. Determine a relação matemática entre a frequência de ressonância mais baixa(frequência fundamental) e a mais alta frequência de ressonância.

**Opcional:**

1. Mude a tensão da corda, colocando o peso de tensão em outro ponto da barra de apoio. Faça as experiências necessárias para responder as seguintes questões. As frequências em que a ressonância ocorre depende da tensão na corda? As localizações dos nodos e antinodos dependem da tensão da corda?

2. Mude a densidade linear da corda trocando-a por outras cordas. A frequência em que a ressonância ocorre depende da densidade linear da corda? A localização dos nodos e antinodos dependem da densidade linear da corda?

**Tabela 1.1**

Comprimento da corda:

Tensão na corda:

Diâmetro da corda:

<b>Módulo</b>	<b>Frequências de Ressonância</b>	<b>Amplitude Máxima</b>	<b>Amplitude Mínima</b>
<b>1</b>			
<b>2</b>			
<b>3</b>			
<b>4</b>			
<b>5</b>			
<b>6</b>			
<b>7</b>			
<b>8</b>			
<b>9</b>			
<b>10</b>			

## **Experiência 2: Velocidade de propagação da onda:**

### **Procedimento:**

1. Ajuste o Sonômetro como mostrado na Figura 2.1.

Coloque as barras afastadas entre si de uma distância de 60 cm. Use qualquer uma das cordas do Kit e pendure a massa de aproximadamente 2Kg para tensioná-la, como na figura. Ajuste a barra de apoio da massa de modo que ela fique na posição horizontal. Posicione o **DRIVER** a aproximadamente a 5 cm de uma das barras e posicione o **DETETOR** próximo ao centro da corda.

2. Ajuste o sinal do gerador para gerar uma onda senoidal e selecione o osciloscópio para aproximadamente 5 mV/cm.

3. Vagarosamente aumente a frequência do sinal do **DRIVER**. Comece com uma frequência em torno de 1 Hz. Determine a frequência mais baixa em que a ressonância ocorre. Anote este valor na Tabela 2.1.

**Observação:** Para ter certeza de ter encontrado a frequência de ressonância mais baixa, afastando o **DETETOR** ao longo da corda. O padrão de onda deveria ter somente um antinodo localizado na metade da distância entre as duas barras.

4. Na tabela 2.2, anote a tensão na corda( $T$ ) e a densidade linear da corda( $\mu$ ).

A tensão é determinada como mostrado na Figura 2.2. Basta multiplicar o peso na massa do corpo que está tensionando a corda pelo número de “buracos” usados para apoiar este corpo, está bem explicado na figura em anexo. A densidade linear das cordas é dado no começo deste manual.

5. Mude a tensão na corda colocando a massa em diferentes posições de apoio da barra. Repita os passos 3 ou 4 para cinco valores diferentes da tensão da corda.

6. Ajuste a tensão da corda para um valor médio. Então repita suas medidas dos passos 3 e 4 usando cada um dos diferentes tipos de corda.

### **Tabela 2.1.**

Tensão (T)	Densidade Linear( $\mu$ )	Frequência Fundamental	Velocidade da Onda
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

### Análise:

1. Use suas medidas do comprimento da corda, a frequência fundamental e a equação  $V=\lambda v$  para determinar a velocidade da onda na corda para cada valor da tensão e densidade linear que você usou.

2. Determine a relação funcional entre a velocidade da onda(V) e a tensão na corda(T). Isto pode ser realizado usando qualquer um dos três métodos. Se você não estiver familiarizado com estes procedimentos, você deve tentar usar todos os três, para melhorar seu conhecimento sobre o assunto. As opções A e B são fáceis de se utilizar, com interface por computador, utilizando um software específico, que apresenta uma análise gráfica.

A. Plote um gráfico  $V \times T$ , com V no eixo das coordenadas(y). Se o gráfico não apresentar uma linha reta, tente plotar Vxalguma potência de T(como  $T^2$ ,  $T^{1/2}$ , etc.), até você conseguir uma linha reta no seu gráfico.

B. Assuma que a relação funcional é da forma:

$$V=\kappa T^p. \text{ Então } \ln V= p \ln T + \ln \kappa,$$

onde p e  $\kappa$  são constantes desconhecidas. Então, se  $\ln V$  estiver plotado com uma variável independente  $\ln T$ , obteremos uma curva reta tendo uma inclinação p(coeficiente angular), onde p é  $\delta \ln V / \delta \ln T$  e  $\ln \kappa$  é o coeficiente linear.

C. Muitas calculadoras tem a capacidade de fazer regressões ou regressões lineares nos logaritmos de V e T. Isto realizará essencialmente que o gráfico do método B fez, mas sem desenhar o gráfico.

3. Usando um dos métodos acima, determine a relação funcional da velocidade da onda ( $V$ ) para a densidade linear da corda ( $\mu$ ).

### Conclusões:

Caracterize os módulos ressonantes da vibração de uma corda. Que é:

1. Determine a relação matemática que descreve o comprimento de onda das ondas que formam o padrão de onda estacionário em uma corda de tamanho  $L$ .
2. Use a expressão  $V = \lambda v$ , para determinar as frequências de ressonância de uma corda de comprimento  $L$ .
3. Use seus resultados experimentais para escrever uma expressão para frequências de ressonância de uma corda vibrando em termos de  $T, \mu$  e  $L$ .

**Observação 1:** Em alguns laboratórios, você pode querer a alavanca de tensão do lado final esquerdo da mesa (para pendurar pesos do lado esquerdo da mesa), em vez do direito (veja Figura 4). Neste caso, você pode mudar o fim das placas desde que, quando se realize o experimento, a escala métrica ainda permaneça crescente, da esquerda para a direita. Para mudar o lado da alavanca:

1. Afrouxe o parafuso de ajuste e retire a corda.
2. Desparafuse os dois parafusos que prendem cada fim de placa no Sonômetro e remova as placas.
3. Retire o cilindro de alumínio para fora de sua fenda.
4. Coloque o cilindro na fenda do outro lado do Sonômetro, então mude as placas.

### Figura 4

**Para realizar experimentos quantitativos usando o Sonômetro, o osciloscópio, o DRIVER e o DETETOR:**

1. Conecte o **DRIVER** e o **DETETOR** no gerador de função e no osciloscópio como mostra a Figura 5.
2. Posicione o **DRIVER** a aproximadamente 5 cm de uma das barras.

Dependendo da onda que se está tentando produzir, deve-se colocar o **DRIVER** em uma ou outra posição. Ele impulsiona melhor a corda se for colocado na crista da onda. Entretanto se o **DRIVER** é colocado perto de uma das barras, ele trabalhará razoavelmente bem para a maior parte das frequências.

3. Posicione inicialmente o **DETETOR** no meio, entre as barras, embora para alguns modelos pode-se querer reposição para selecionar o melhor sinal. Tal como o **DRIVER**, o **DETETOR** trabalha melhor quando posicionado perto de uma crista da onda.
4. Acerte o canal 1 do osciloscópio para 5 mV/cm. Ajuste o osciloscópio de maneira que ele capte no sinal do gerador de função.
5. Acerte o gerador para produzir uma onda senoidal. Ponha o valor da frequência entre 100 e 200 Hz. Lentamente, varie a frequência do gerador. Quando alcançar uma frequência de ressonância, deve-se ver o movimento da corda e o som produzido pela corda vibrando deve ser um máximo. A onda mostrada no osciloscópio deve ser uma onda senoidal limpa. Quando não se pode ver ou ouvir a corda, aumente levemente a amplitude do gerador e tente novamente.

### Figura 5

**Observação 2:** Para ondas ressonantes com uma crista no centro da corda (padrão simétrico), pode-se ver ocasionalmente a mais alta ou a mais baixa harmônica sobreposta no driving frequency.

### Substituindo as cordas do sonômetro:

Pode-se usar aço padrão ou cordas de guitarra elétrica para substituir as cordas perdidas ou quebradas. Entretanto, precisar-se-ia colocar um aro de metal no final da corda para montá-la no Sonômetro. Para garantir que a conexão entre a corda e o aro é segura, enrole a corda ao redor do aro, então aperte e/ou solde a corda no aro (veja a Figura 6).

### Figura 6