

Som, Luz e Materiais

Tubos de Som

Um pouco de história

Os tubos de som evoluíram na época das *Junk Bands*, em que artistas usavam instrumentos feitos de materiais reciclados para reproduzir as suas canções. A produção de som nestes tubos demonstra a existência de ondas sonoras estacionárias. Uma das experiências clássicas de demonstração da existência de ondas acústicas estacionárias foi criada em 1905, quando o físico Heinrich Rubens (1865 – 1922) elaborou uma montagem com um conjunto de velas alinhadas num tubo. Quando se produzia um som numa extremidade do tubo, a chama das velas assumia uma disposição espacial ondulatória.

Material

- 8 tubos de som.
- Martelo de percussão.

Montagem

Coloca os 8 tubos de som (baseados na escala de C Maior, cujas frequências estão baseadas na escala cromática “bem temperada” de Bach) em cima da bancada de trabalho ou num suporte ligeiramente inclinado.

Exploração

Com o auxílio de um martelo, percute a extremidade de um dos tubos.

Como caracterizas o som emitido? Será que procedendo de forma semelhante para os restantes tubos, o som emitido será diferente?

Toca a escala completa várias vezes, seguindo a sequência indicada na **figura 2**.

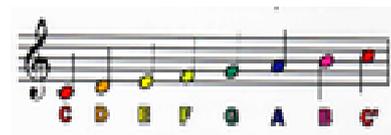


Figura 2 – Notas musicais na escala de C maior (dó)

Seleciona uma das músicas indicadas em anexo e inicia a tua carreira de músico...

O que aconteceu?

Quando percutiste numa das extremidades de um dos tubos, certamente não tiveste a capacidade de identificar qualquer nota musical. Porém, com alguma prática e dedicação, irás conseguir um som com uma altura bem definida, ou seja, um som que poderá ser associado a uma nota musical.

De facto, assim como nas cordas, também o ar contido no interior de um tubo poderá vibrar com uma **frequência sonora**. Este é o princípio associado aos instrumentos musicais de sopro como a flauta e o clarinete, entre outros, que são constituídos por **tubos sonoros**.

Os tubos sonoros são classificados de fechados e abertos, sendo os primeiros aqueles que têm uma extremidade aberta (próxima da zona onde se emite o som) e outra fechada e os segundos os que têm ambas as extremidades abertas. Na nossa atividade recorreremos a **8 tubos abertos**, algo semelhantes às flautas em que tapando todos os orifícios, vamos proporcionar um aumento do comprimento da coluna de ar vibrante e consecutivamente, obter-se-á o som mais grave (menor frequência) que o instrumento poderá emitir.

Mais concretamente...

Por definição, qualquer objeto poderá ser classificado de fonte sonora desde que vibre. Essas fontes podem ser construídas de diversas formas, tal como podemos observar dada a panóplia de instrumentos musicais existentes. No caso dos nossos tubos sonoros, o ar no seu interior é posto a vibrar depois de se percutir uma das suas extremidades. Após essa perturbação, o ar vibra com uma variedade de frequências, mas só certas frequências persistem – aquelas compatíveis com um sistema estacionário.

Uma onda estacionária (**figura 3**) ocorre quando uma onda que percorre um meio material sofre reflexão e volta a interferir com a onda original. Constitui, portanto, uma sobreposição de ondas da mesma frequência e da mesma amplitude, que se propagam no mesmo meio, numa dada direção longitudinal, mas em sentidos opostos. Atribui-se essa designação a estas ondas, uma vez que a sua observação/perceção no espaço dá a impressão que as vibrações não se propagam.

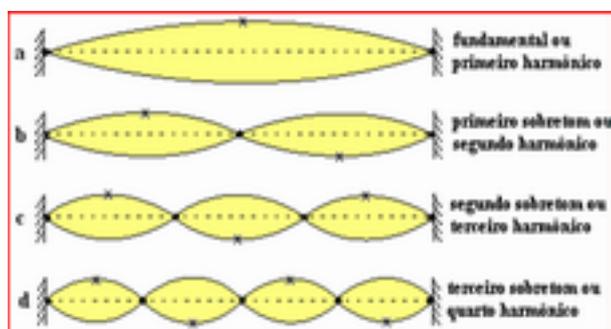


Figura 3 – Ondas estacionárias

As regiões onde não ocorre vibração designam-se de nós (pontos negros da figura 3) e aqueles onde ocorre a vibração máxima são denominados de ventres (pontos assinalados com um X na figura 3). Como se ilustra na figura 3, os nós e ventres ocupam posições fixas num sistema de ondas estacionárias.

As ondas estacionárias ocorrem com mais de uma frequência. A de menor frequência é denominada de frequência fundamental (figura 3 –a) e as ondas estacionárias representadas nas figuras 3b, 3c e 3d (designadas por *harmónicos*) são produzidas por frequências (múltiplas) duas, três e quatro vezes maiores que a frequência fundamental. Dessa forma, o som produzido nos harmónicos será 2, 3 ou 4 vezes “mais agudo” que o som correspondente ao tom fundamental.

Como é possível a obtenção das notas musicais?

Para obter sons de alturas diferentes (cada um deles com frequências múltiplas do som fundamental), temos duas possibilidades. Uma consiste em alterar a velocidade do som no interior do tubo e a outra, fazer variar o comprimento do tubo. A velocidade do som não irá sofrer variações significativas, a menos que se altere drasticamente a temperatura do ar ou se substitua o ar por outro gás. Assim, nesta atividade optou-se pelo método mais simples, ou seja, por alterar o comprimento do tubo de som.

A **figura 4** traduz a representação do som num tubo aberto, em função da variação da pressão e da posição das moléculas de ar ao longo do tubo. É também apresentado para cada um dos harmónicos de vibração (n), a relação do comprimento do tubo (L) em função do comprimento de onda (λ), bem como a relação da frequência de vibração (f) com o comprimento do tubo (L).

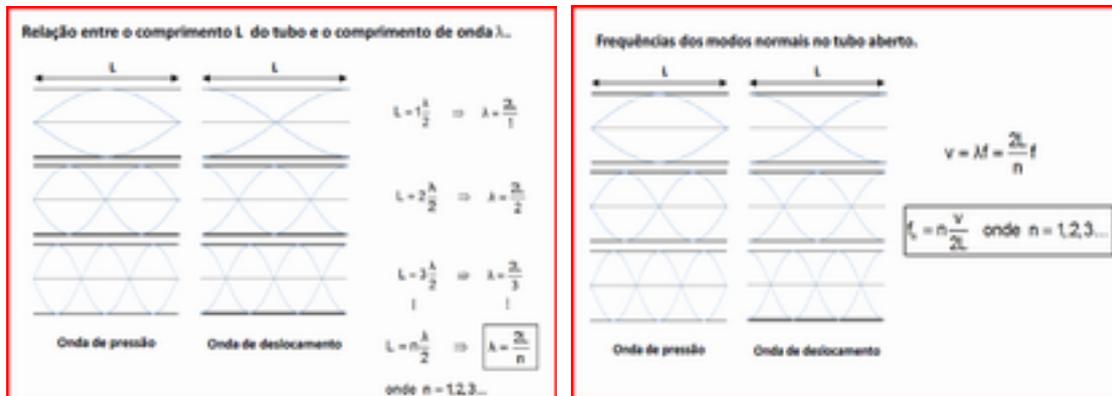


Figura 4 – Ondas estacionárias representadas para tubos sonoros abertos

Nesta atividade adotamos a escala em C maior (dó), cujas frequências estão baseadas na escala cromática “bem temperada” de Bach. A fórmula que permite calcular a frequência de cada nota musical é a seguinte: $f_1 = f_0 [2^{1/12}]^{n.º \text{ do intervalo}}$

Dessa forma e a título de exemplo: $f_D = f_C [2^{1/12}]^2 \leftrightarrow f_D = (262) \cdot (2^{1/6}) = 294 \text{ Hz}$

Na **tabela 1** apresentam-se nessa escala, as notas, os números de intervalos, as frequências (f) e os comprimentos da coluna de ar ($L_{sem \text{ correção}}$).

Notas	N.º de intervalo	f (Hz)	$L_{sem \text{ correção}}$ (cm)
C	...	261,6256	32,77
D	1	293,6648	29,20
E	1	329,6276	26,01
F	½	349,2282	24,55
G	1	391,9954	21,87
A	1	440,0000	19,48
B	1	493,8833	17,36
C'	1/2	523,2511	16,38

Tabela 1 – Escala de Bach