

**4º bimestre**

**As ondas sonoras**

Os conceitos referentes às ondas, discutidos nos capítulos anteriores, são agora aplicados às ondas sonoras (item 1). Inicialmente, elas devem ser caracterizadas como ondas mecânicas de pressão do tipo longitudinal quando se propagam no ar e em outros meios. Convém salientar que nem todas as ondas sonoras produzem em nossos ouvidos a sensação de som. Uma pessoa de audição normal só consegue ouvir as ondas sonoras dentro de um determinado intervalo de frequências. Para finalizar este item, deve-se definir então o que vêm a ser **ultra-sons** e **infra-sons**.

Ao estudar a velocidade do som (item 2), recomendamos que o professor assinale os fatores de que ela depende nos diferentes meios e compare seu valor no ar com a velocidade da luz nesse mesmo meio. É bom ressaltar que, como as ondas sonoras são periódicas, aplica-se também a elas a fórmula que relaciona velocidade, comprimento de onda e frequência. Essas considerações teóricas podem ser acompanhadas pela resolução dos exercícios R.131 a R.134 e P.475 a P.482. Sugerimos aproveitar essa ocasião para realizar a *Atividade experimental – “telefone de barbante”* proposta ao final do capítulo, que ajudará a fixar os conceitos discutidos.

O estudo das **qualidades fisiológicas do som** (item 3) pode partir da análise da **altura**. Deve-se deixar claro que essa qualidade permite distinguir **sons graves** (ou baixos) e **sons agudos** (altos). Assinalar que esses termos geralmente são utilizados na comparação entre frequências. Assim, entre dois sons, é mais grave o de menor frequência e mais agudo o de frequência maior. Depois de definir **intervalo** entre dois sons e apresentar nomes e valores dos diversos intervalos utilizados em Música, recomendamos proceder à leitura e discussão do texto “A escala musical”, resolvendo a seguir os exercícios P.483 e P.484.

Em seguida, pode-se conceituar a segunda qualidade fisiológica do som, a **intensidade**, que nos permite diferenciar **sons fracos** de **sons fortes**. Pode-se aproveitar a oportunidade para enfatizar a diferença entre **altura** (relacionada com a frequência) e **intensidade** (relacionada com a energia transportada pela onda sonora). Ao definir **intensidade física** de uma onda e **nível sonoro** (ou **intensidade auditiva**), assinalar que enquanto a primeira é uma grandeza física,

variando linearmente com a energia transportada, a segunda é uma grandeza fisiológica, que segue uma escala logarítmica e está relacionada com a sensação sonora. Convém ressaltar que é o **nível sonoro**, expresso em decibels (ou decibéis, em linguagem popular), que estabelece se um som é prejudicial ou não a quem o ouve. Cabe aqui ler e discutir o texto “O som também polui”, em que se discute esse grave problema de nossa sociedade, a poluição sonora. Este texto é apresentado na seção “A Física em nosso Mundo” A resolução dos exercícios R.135, R.136 e P.485 a P.487 L.50 a L. 53 (Teste sua leitura) complementa este item.

Para finalizar o estudo das qualidades fisiológicas do som, deve-se definir o que vem a ser **timbre**, caracterizando-o como determinado pelos **harmônicos** que acompanham o **som fundamental** emitido por um instrumento.

O item 4 apresenta as propriedades das ondas sonoras, começando pela **reflexão**. Mostrar inicialmente que é esse fenômeno que pode dar origem ao **eco**, ao **reforço** e à **reverberação**, conforme as condições em que o ouvinte recebe a onda sonora refletida. A seguir, pode-se determinar a distância mínima a que deve estar um anteparo refletor no ar, para que seja possível ouvir-se o eco de um som monossilábico emitido. Para melhor fixar esses conceitos, sugerimos a leitura do texto “O sonar”, que se refere à reflexão de ondas não-audíveis (os ultra-sons), e a resolução dos exercícios R.137 e P.488 a P.490.

Recomendamos analisar, na seqüência, as propriedades de **refração**, **difração** e **interferência** das ondas sonoras, acompanhadas da leitura do texto “A tecnologia do silêncio”. Ao estudar a interferência, destacar o **batimento** e sua utilização na afinação de instrumentos musicais. Os exercícios R.138, R.139 e P.491 a P.494 complementam os temas desenvolvidos neste item.

As **cordas vibrantes**, muito usadas em instrumentos musicais, constituem o tema do item 5. Convém mostrar que, quando uma corda tensa é posta em vibração, estabelecem-se nela várias ondas que se superpõem, originando a figura de interferência **onda estacionária**. Deve-se indicar os vários modos de vibração possíveis para a corda, desde o de menor frequência (**vibração fundamental** ou **primeiro harmônico**) até os harmônicos de ordem superior, sempre com frequência múltipla da frequência fundamental. Sugerimos enfatizar que o harmônico fundamental está sempre presente, ao passo que os outros harmônicos podem ou não estar presentes, dependendo do tipo de instrumento. É exatamente esse fato que caracteriza o **timbre** do

instrumento. Nesse momento, definir **ressonância**, realçando sua importância para os instrumentos de corda. Prosseguindo, é recomendável a leitura do texto “Outros exemplos de ressonância”. Após deduzir as fórmulas do comprimento de onda e da frequência numa corda sonora, pode-se resolver os exercícios R.140, R.141 e P.495 a P.502.

Os **tubos sonoros**, formados por colunas de ar vibrante, são o tema do item 6. Eles constituem a base para a construção dos instrumentos de sopro. Ao estudá-los, convém caracterizar o modo de vibração da coluna de ar no **tubo aberto** e no tubo fechado, deduzindo as fórmulas para o cálculo do comprimento de onda e da frequência da onda estacionária que se estabelece no seu interior. É importante fazer a distinção entre esses dois tipos de tubo, salientando que o tubo fechado só emite harmônicos de ordem ímpar em relação ao harmônico fundamental. A resolução dos exercícios R.142, R.143 e P.503 a P.510 complementa este item. Recomenda-se, a seguir, a realização da atividade experimental “os copos cantantes”, proposta no final do capítulo.

Estudamos a seguir o **efeito Doppler** (item 7), que determina o conhecido fenômeno pelo qual uma fonte sonora parece emitir um som mais agudo quando se aproxima do ouvinte e um som mais grave quando se afasta dele. Deve-se explicar a razão dessa sensação por parte de quem ouve e estabelecer a fórmula que permite calcular a **frequência aparente**, isto é, a ouvida pelo observador, em relação à **frequência real** emitida pela fonte. A resolução dos exercícios R.144, R.145 e P.511 a P.513, bem como a leitura dos textos “O efeito Doppler para a luz” e “A ultrasonografia”, ajudarão os alunos a consolidar esses conceitos.

Para finalizar o estudo das ondas sonoras, deve-se discutir o que vem a ser **barreira do som** (item 8), justificando o uso do termo. A seguir, definir **número de Mach**, **onda de choque** e **estrondo sônico**. Caso ainda reste tempo disponível, seria interessante propor aos alunos uma pesquisa sobre esse tema, discutindo-se em classe os resultados obtidos.

Por ser um assunto importante, recomendamos que o professor reserve algumas aulas para a resolução dos exercícios propostos de recapitulação e dos testes propostos, em particular P.514 a P.517, P.522 a P.526, T.447, T.456, T.459, T.469, T.481, T.482, T.487, T.491, T.495 a T.497 e T.499. Os exercícios que não forem resolvidos em sala de aula devem constituir uma tarefa de casa, estabelecendo-se uma data para entrega. Convém reservar alguns deles para a avaliação correspondente.