



Viva Deus Uno e Trino
Em nossos corações

Colégio Espírito Santo

Rua Tamoio, 3393 – Canoas – Fone: 3472-1502/3472-1722

<http://www.ces.g12.br>

Contato: colegioesanto@ces.g12.br

Prof Daniel Schulz

Licenciado pelo UNILASALLE

Mestrando pela UFRGS

Física 2º ano – Ondas – 2008

Acústica e Ruídos

Texto baseado na apostila escrita pelo Prof Dr João Candido Fernandes, UNESP, 2002.

Esse texto tem como objetivo uma abordagem geral sobre os elementos e princípios mais comuns da Acústica, constatados em nosso cotidiano.

Reflexão

Se uma onda sonora que se propaga no ar encontra uma superfície sólida como obstáculo a sua propagação, esta é refletida, segundo as leis da Reflexão Ótica. A reflexão em uma superfície é diretamente proporcional à dureza do material. Paredes de concreto, mármore, azulejos, vidro, etc. refletem quase 100 % do som incidente. Um ambiente que contenha paredes com muita reflexão sonora, sem um projeto acústico aprimorado, terá uma péssima inteligibilidade da linguagem. É o que acontece, geralmente, com grandes igrejas, salões de clubes, etc.

Difração

O som é capaz de rodear obstáculos ou propagar-se por todo um ambiente, através de uma abertura. A essa propriedade é dado o nome de **difração**. Os sons graves (baixa frequência) atendem melhor esse princípio. Cabe lembrar, portanto, que os sons graves (sons de baixa frequência e de grande comprimento de onda) têm maior facilidade em propagar-se no ar, como também maior capacidade de contornar obstáculos.

Reverberação

Quando um som é gerado dentro de um ambiente escuta-se primeiramente o som direto e, em seguida, o som refletido. No caso em que essas sensações se sobrepõem, confundindo o som direto e o refletido, teremos a impressão de uma audição mais prolongada. A esse fenômeno se dá o nome de reverberação.

Eco

O eco é uma consequência imediata da reflexão sonora. Define-se **eco** como **a repetição de um som que chega ao ouvido por reflexão 1/20 de segundo ou mais depois do som direto**. Considerando-se a velocidade do som em 340 m/s, o objeto que causa essa reflexão no som deve estar a uma distância de 17 m ou mais.

Refração

Recebe o nome de **refração** a mudança de direção que sofre uma onda sonora quando passa de um meio de propagação para outro. Essa alteração de direção é causada pela variação da velocidade de propagação que sofre a onda. O principal fator que causa a refração do som é a mudança da temperatura do ar.

Ressonância

Ressonância é a coincidência de frequências entre estados de vibração de dois ou mais corpos. Sabemos que todo corpo capaz de vibrar, sempre o faz em sua frequência natural. Quando temos um corpo vibrando na frequência natural de um segundo corpo, o primeiro induz o segundo a vibrar. Dizemos então que eles estão em **ressonância**. Por exemplo : se tomarmos um diapasão com frequência natural de 440 Hz e o colocarmos sobre um piano, ao tocarmos a nota **Lá4** (que vibra com 440 Hz), o diapasão passará a vibrar induzido pela vibração da corda do piano.

Mascaramento

Na audição simultânea de dois sons de frequências distintas, pode ocorrer que o som de maior intensidade supere o de menor, tornando-o inaudível ou não inteligível. Dizemos então que houve um **mascaramento** do som de maior intensidade sobre o de menor intensidade. O efeito do mascaramento se torna maior quando a os sons têm frequências próximas.

Ondas Estacionárias

É um fenômeno que ocorre em recintos fechados. Consiste na superposição de duas ondas de igual frequência que se propagam em sentido oposto. Ao se sobreporem, a coincidência dos comprimentos de onda faz com que os nós e os ventres ocupem alternadamente as mesmas posições, produzindo a impressão de uma **onda estacionária**. Em locais fechados, o som refletido em uma parede plana e o som direto podem criar esse efeito, causando graves problemas acústicos para o ambiente.

Efeito Doppler-Fizeau

Quando a fonte ou o observador se movem (com velocidade menor que a do som) é observada uma diferença entre a frequência do som emitido e recebido. Essa característica que é conhecida como **Efeito Doppler-Fizeau**, torna o som mais agudo quando as fontes se aproximam, e mais grave no caso de se afastarem.

Transmissão

Transmissão é a propriedade sonora que permite que o som passe de um lado para outro de um superfície, continuando sua propagação. Fisicamente, o fenômeno tem as seguintes

características : a onda sonora ao atingir uma superfície, faz com que ela vibre, transformando-a em uma fonte sonora. Assim, a superfície vibrante passa a gerar som em sua outra face. Portanto, quanto mais rígida e densa (pesada) for a superfície menor será a energia transmitida.

Absorção

Absorção é a propriedade de alguns materiais em não permitir que o som seja refletido por uma superfície.

IMPORTANTE : Som absorvido por uma superfície é a quantidade som dissipado (transformado em calor) mais a quantidade de som transmitido.

Princípios do Som

Princípio de Huygens-Fresnel

A propagação do som no ar se dá a partir da fonte geradora, em todas as direções. Por ser uma vibração longitudinal das moléculas do ar, esse movimento oscilatório é transmitido de molécula para molécula, até chegar aos nossos ouvidos, gerando a audição.

O **Princípio Huygens-Fresnel** se aplica a essa propagação: cada molécula de ar, ao vibrar, transmite para a vizinha a sua oscilação, se comportando como uma nova fonte sonora. A seguir são discutidas as propriedades da propagação no ar.

Propagação Livre

A propagação do som no ar se dá a partir da fonte geradora, com a formação de ondas esféricas. Essas ondas terão um *comprimento de onda* l e uma velocidade de propagação.

A **velocidade de propagação** do som depende da densidade e da pressão do ar e pode ser calculada pela equação :

$$V = \sqrt{1,4 \cdot \frac{P}{D}}$$

onde P é a pressão atmosférica e D a densidade no SI. Se tomarmos $P = 10^5$ Pa e $D = 1,18$ kg/m³, obteremos a velocidade $V = 344,44$ m/s.

Devemos levar em consideração que a densidade do ar é bastante influenciada pelo vapor d'água (umidade). Porém, o fator que mais influi na velocidade do som é a temperatura.

De uma maneira aproximada, entre - 30 °C e + 30 °C, podemos calcular a velocidade do som no ar em função da temperatura, pela seguinte equação :

$$V = 331,4 + 0.607 \cdot t$$

onde a Velocidade V está em m/s e a temperatura t em ° Celsius.

Outro fator importante na propagação do som é a **atenuação**. O som ao se propagar sofre uma diminuição na sua intensidade, causada por dois fatores:

- **Dispersão das ondas** : o som ao se propagar no ar livre (ondas esféricas) tem a sua área de propagação aumentada, em função do aumento da área da esfera. Como a energia sonora (energia de vibração das moléculas de ar) é a mesma, ocorre uma diluição dessa energia, causando uma atenuação na intensidade.

- **Perdas entrópicas** : Sempre que se aumenta a pressão de um gás, a sua temperatura aumenta; ao se expandir o gás, a temperatura diminui (Boyle). Numa onda sonora, onde acontecem sucessivas compressões e rarefações, ocorrem pequenos aumentos e diminuições na temperatura do ar. Pela 2ª Lei da Termodinâmica, sempre que se realiza uma transformação energética, acontece uma perda, ou seja, parte da energia se perde em forma de calor. É a chamada perda entrópica. Sem a existência desta perda, seria possível o moto-contínuo. Assim, na propagação do som, parte da energia se transforma em calor, atenuação esta que depende da frequência do som, da temperatura e da umidade relativa do ar.

A **Atenuação** do som na propagação :

- **é diretamente proporcional à frequência**, ou seja, o som agudo "morre" em poucos metros, enquanto que o som grave se pode ouvir a quilômetros de distância.

- **é inversamente proporcional à temperatura.**

- **é inversamente proporcional à umidade.**

- a poluição do ar, principalmente o **monóxido e dióxido de Carbono**, são muito absorventes, atenuando bastante o som.

- **não sofre influência da pressão atmosférica.**

A **Velocidade do Som** na propagação :

- **é diretamente proporcional à temperatura.**

- **é diretamente proporcional à umidade.**

- **não sofre influência da pressão atmosférica.**

- **não varia com a frequência.**

Portanto, na propagação, o ar oferecendo maior resistência à transmissão de altas frequências, causa uma distorção no espectro de frequências. Por isso que, nos sons produzidos a grandes distâncias, nós ouvimos com maior nível os sons graves, ou seja, os sons agudos são atenuados na propagação.