

1- Lei de OHM

A lei de “**OHM**” apresenta as equações mais fundamentais utilizadas na eletroeletrônica, as quais são também fundamentais para um bom entendimento no mundo do áudio. Essa lei expressa que a voltagem de um elemento de um circuito de corrente contínua é igual à corrente em ampères através de tal elemento, multiplicada pela sua resistência em ohms. Desta lei originaram-se as seguintes fórmulas:

Para corrente contínua

$$E = I.R \quad [1.1]$$

$$I = \frac{E}{R} \quad [1.2]$$

$$R = \frac{E}{I} \quad [1.3]$$

onde :

$E \Rightarrow$ voltagem, tensão, potencial

- *pressão elétrica, ou seja, a força que obriga uma corrente fluir através de um condutor*
- *a maior diferença de potencial entre dois condutores de um circuito*
- *a unidade de tensão ou diferença de potencial Volt "V" corresponde a voltagem entre dois pontos de um fio condutor transportando uma corrente constante de 1 ampère quando a potência dissipada entre estes dois pontos é 1 watt.*

$I \Rightarrow$ corrente elétrica

- *quantidade de transmissão de elétrons através de um material condutor.*

$R \Rightarrow$ resistência

- *é a propriedade de uma substância que impede a passagem de corrente e resulta numa dissipação de potência em forma de calor.*

Para corrente alternada a resistência se comporta de maneira diferente, pois ela varia de acordo com a frequência. Por isso, ela passa a se chamar “Impedância”, que tem a seguinte definição:

$Z \Rightarrow$ impedância

- *a oposição total, ou seja, resistência e reatância oferecida por um circuito ao fluxo de uma corrente alternada de dada frequência. Medida em Ohms e seu símbolo é "Z".*

2- Corrente Alternada ou AC (alternating current)

A tensão alternada difere da tensão contínua porque troca de polaridade constantemente, ela provoca um fluxo de corrente ora em um sentido, ora em outro nos circuitos elétricos. Uma fonte de tensão alternada altera a polaridade constantemente com o tempo, sendo que os diversos tipos de tensão em AC podem ser distinguidos através de quatro características principais:

- **Forma de onda**
- **Ciclo**
- **Período**
- **Frequência**

2.1- Formas de Onda

Existem tensões alternadas com diversas formas de onda. As figuras 1, 2, 3 e 4 exemplificam algumas formas de onda mais comuns.

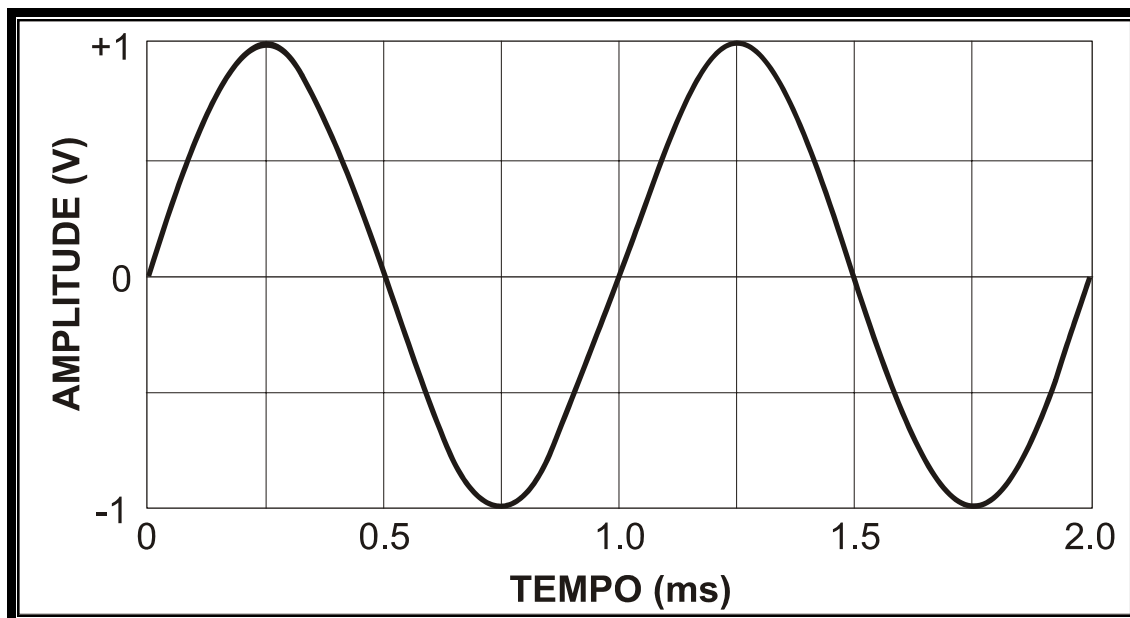


Figura 1 – Onda Senoidal

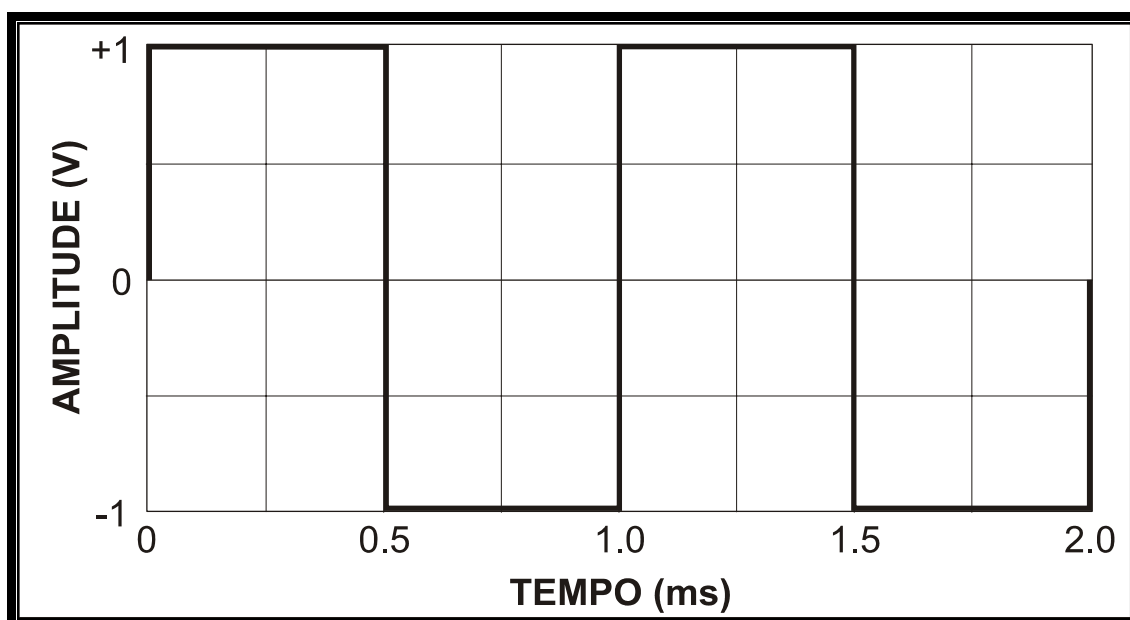


Figura 2 – Onda Quadrada

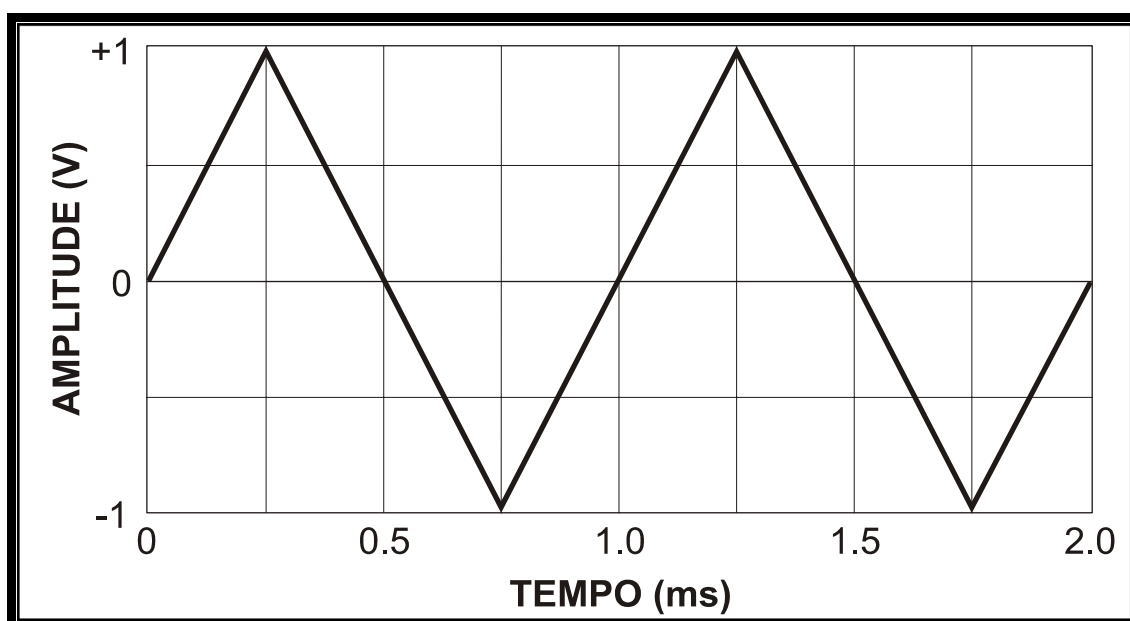


Figura 3 – Onda Triangular

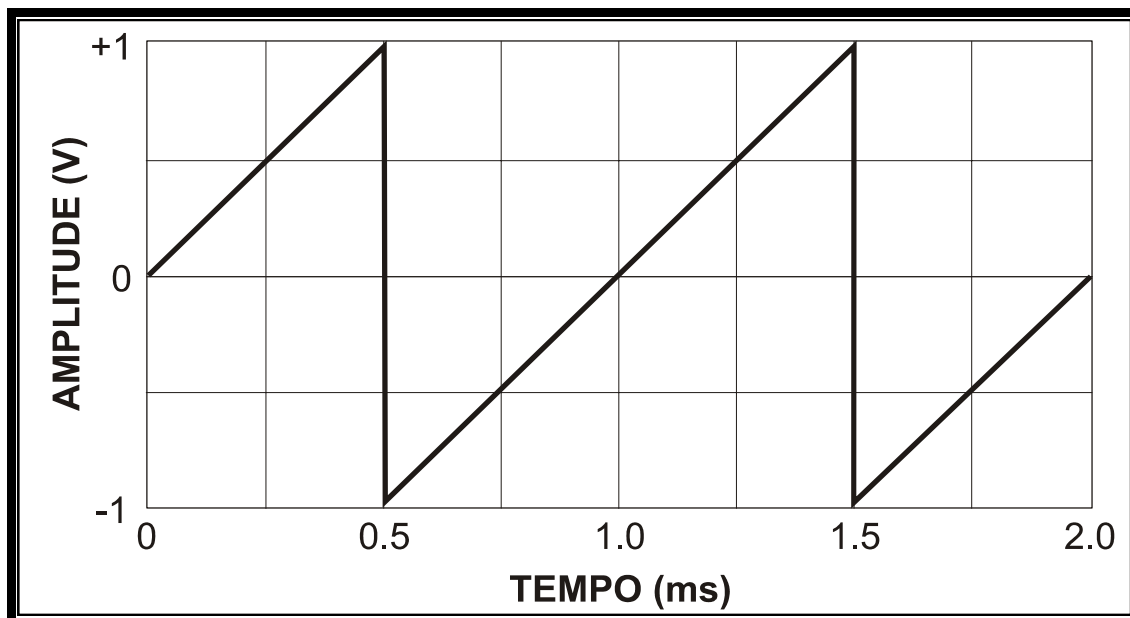


Figura 4 – Onda Dente de Serra

2.2- Ciclo

Pode ser definido como a sequência completa de variações numa corrente alternada de zero ao ponto de máximo positivo e sucessivamente voltando a zero para subir ao ponto de máximo negativo e tornar a zero. O número de ciclos por segundo é chamado de frequência.

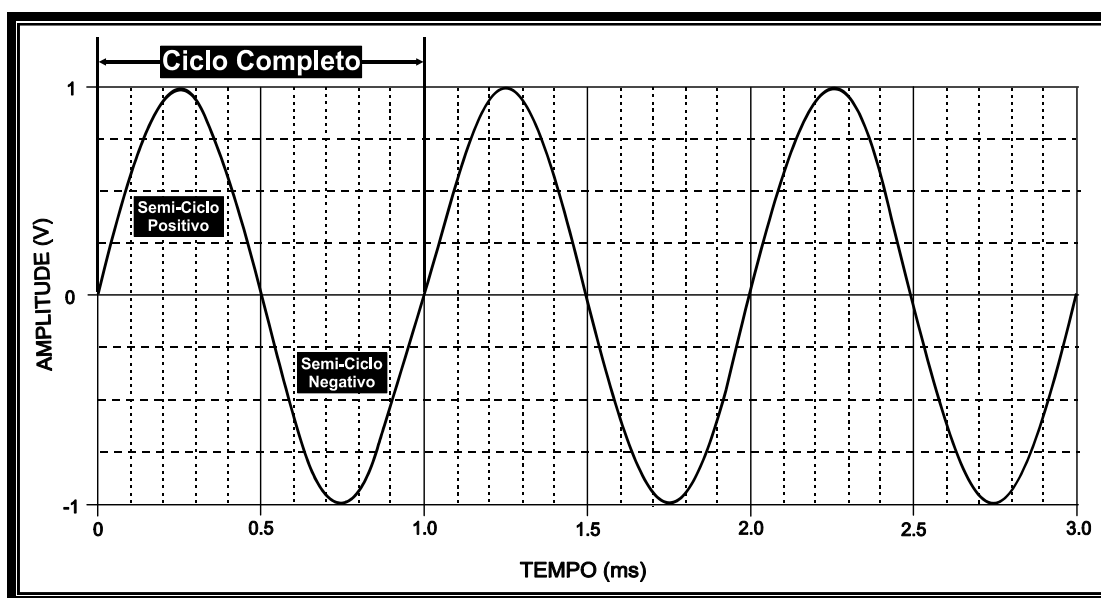


Figura 5 – Ciclo

2.3- Período

É o tempo necessário para um ciclo completo e regular de eventos sucessivos. Para o nosso caso, é o tempo gasto para uma onda qualquer elétrica ou acústica efetuar um ciclo completo.

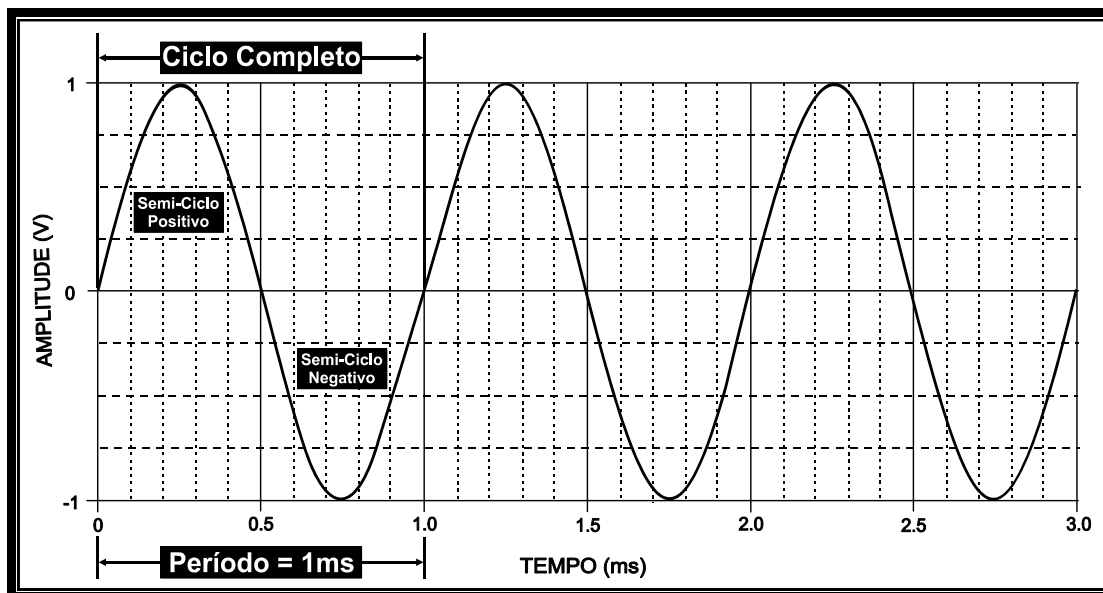


Figura 6 – Período

2.4- Freqüência

Pode ser definida como o número de períodos que ocorrem numa unidade de tempo num fenômeno periódico, ou o número de ciclos completos num segundo da corrente alternada das ondas eletromagnéticas ou de som. A freqüência elétrica é especificada em Hertz (Hz) e o seu símbolo é “f”. A figura 7 apresenta uma onda senoidal com freqüência de 1000Hz ou 1kHz, ou seja, tem 1000 ciclos por segundo.

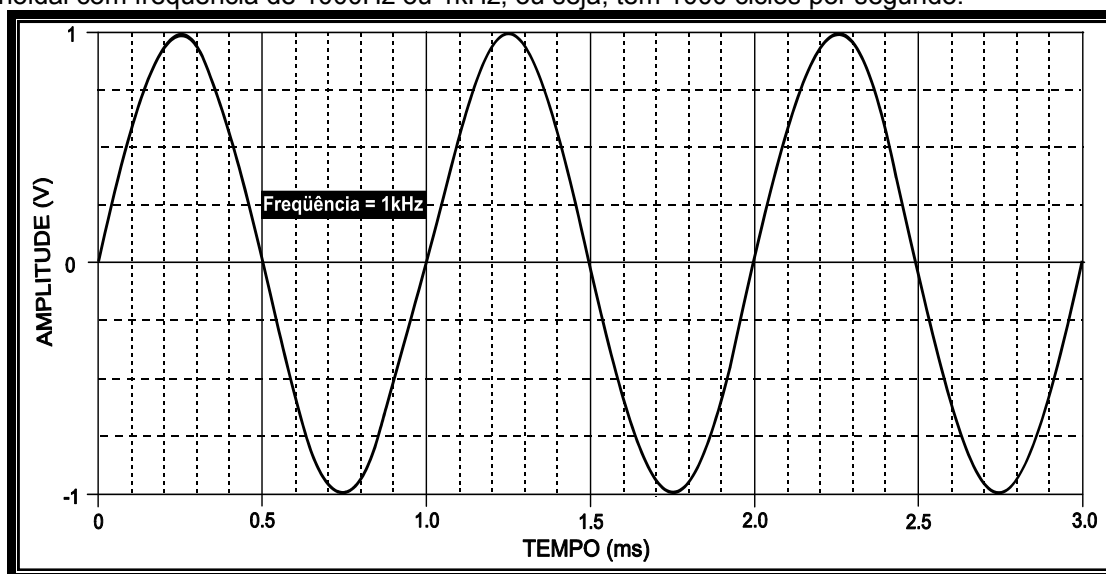


Figura 7 – Freqüência 1kHz

Fórmulas:

Freqüência :

$$f = \frac{1}{T} = \text{Hz} \quad [1.4]$$

Onde T é o período em segundos (s).

Período :

$$T = \frac{1}{f} = \text{s} \quad [1.5]$$

Onde f é a freqüência em hertz (Hz).

3- Corrente Contínua ou CC (continuous current), também chamada de Corrente Direta ou dc (direct current)

A tensão contínua pode ser definida como aquela que não muda de polaridade ao longo do tempo, sendo que esta tensão pode ser contínua constante ou contínua variável.

Contínua Constante: mantém seu valor no decorrer do tempo.

Contínua Variável: altera seu valor no decorrer do tempo, mas sem mudar de polaridade.

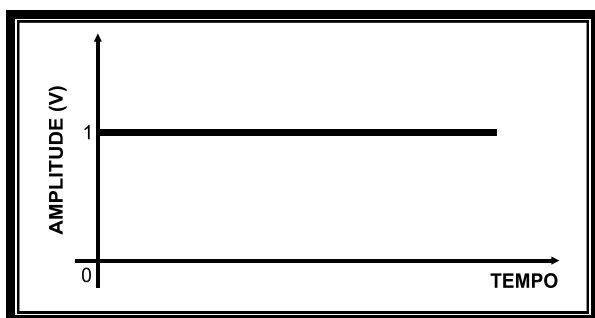


Figura 8 – Tensão Contínua Constante

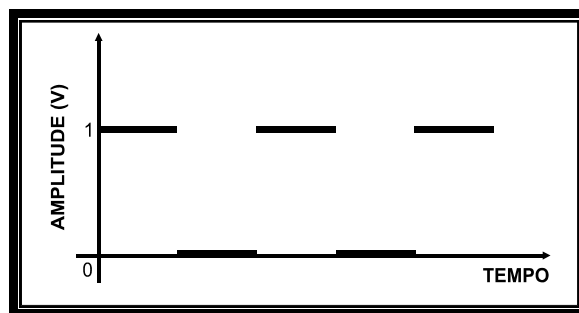


Figura 9 – Tensão Contínua Variável

4- Senóide

Para a forma de onda senóide devemos fazer uma análise maior, pois se trata de um sinal de fácil entendimento. A forma senóide segue a função seno ou co-seno, sendo que a junção de várias senóides forma uma onda complexa, a qual possui muitas características. Essas características também podem ser encontradas em outros sinais elétricos.

A função seno possui o seguinte formato:

$$Y = A.\text{sen}(B.x + C) \quad [1.6]$$

onde:

$A \Rightarrow \text{Amplitude}$

$B \Rightarrow \text{Frequência}$

$C \Rightarrow \text{Fase}$

A figura 10 ilustra amplitude, frequência e fase.

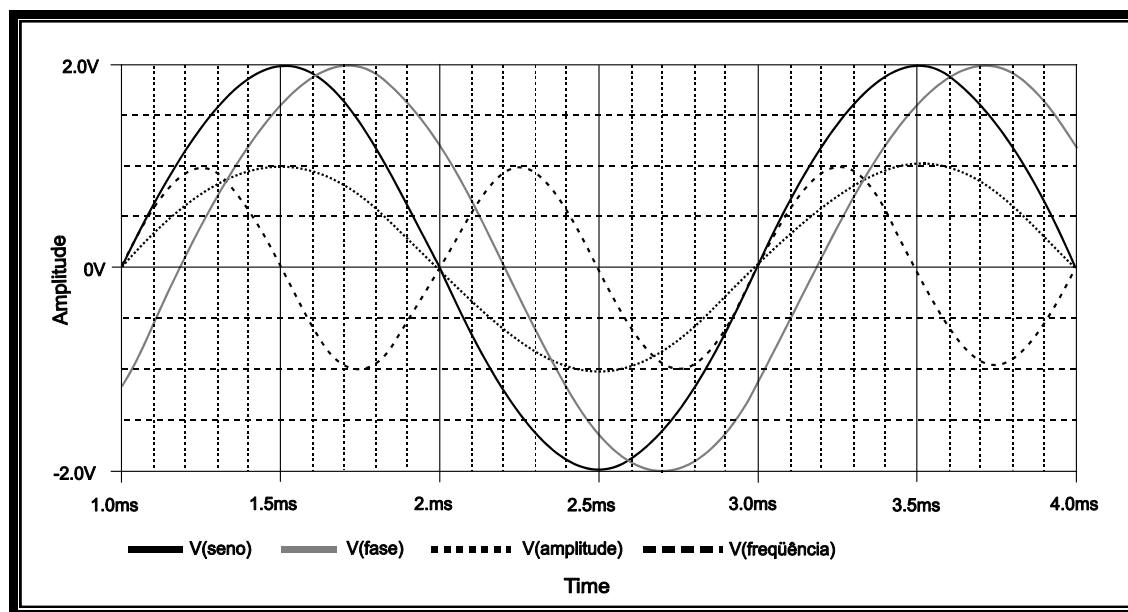


Figura 10 – Senóide

Observamos que a figura 10 apresenta no eixo X uma escala de tempo (em ms) e no eixo Y uma escala de amplitude (em volts). A onda em preto apresenta um período de 2ms e, portanto, 500Hz de frequência (fórmula 1.4), com 2V de pico de amplitude. Os demais sinais (ondas) da figura 10 sofreram deformações de fase $V(\text{fase})$ em cinza, de amplitude $V(\text{amplitude})$ pontilhada e de frequência $V(\text{frequência})$ tracejada.

Na onda $V(\text{fase})$ podemos notar um deslocamento no tempo em relação ao sinal $V(\text{seno})$. Na onda $V(\text{amplitude})$ temos um valor de amplitude de 1V de pico, metade do valor de $V(\text{seno})$. Na onda $V(\text{frequência})$

temos um período de 1ms e conseqüentemente uma freqüência de 1kHz que é o dobro da freqüência do sinal V(seno).

5- Valores Average, RMS, Pico, Pico a Pico e Fator de Crista

- **AVERAGE - (AV):** É o valor médio de uma onda periódica de tensão, corrente ou potência (e outras grandezas físicas). Este valor está sempre relacionado com a componente contínua desta onda.
- **RMS:** O valor RMS ou Root Mean Square (Valor Médio Quadrático ou Raiz Quadrada da Média do Quadrado) é o valor eficaz. O valor eficaz ou rms de uma onda periódica de corrente e tensão está relacionado com o calor dissipado em uma resistência, deste modo ele é o valor que a onda deveria ter se fosse contínua, para produzir a mesma quantia de calor em uma resistência qualquer.
- **PICO:** O valor de pico como o próprio nome sugere, é o valor máximo que uma onda pode atingir, ou seja, o pico da onda. Este valor é atingido uma vez em cada semiciclo da onda.
- **PICO a PICO:** Este é o dobro do valor de pico, pois este pega a extensão entre o pico positivo e o pico negativo da onda.
- **FATOR DE CRISTA -(CF):** É a relação entre o valor de pico e o valor eficaz (RMS) de uma onda.

Fórmula:

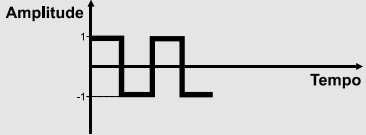

$$CF = \frac{V_p}{V_{eficaz(RMS)}} \quad [1.7]$$

$$CF_{dB} = 20 \cdot \log \frac{V_p}{V_{eficaz(RMS)}} \quad [1.8]$$

Os Valores Average (médio) e RMS possuem várias formas de cálculo conforme o tipo de onda que se está trabalhando. A tabela 1 mostra algumas formas básicas de onda, com as formas de cálculo destes valores.

Tabela 1 – Formas de Onda

Tipo de Sinal	Exemplo Gráfico	Valor Médio (average) Vp = Valor de Pico	Valor Eficaz (RMS) Vp = Valor de Pico	Fator de Crista
Senoidal		0	$\frac{V_p}{\sqrt{2}} \cong \frac{V_p}{1.4142}$	$\sqrt{2}$
Onda Senoidal Retificação de Meia Onda		V_p / π	$\frac{V_p}{2\sqrt{2}} \cong \frac{V_p}{2.8284}$	$2\sqrt{2}$
Onda Senoidal Retificação de Onda Completa		V_p	$\frac{V_p}{\sqrt{2}} \cong \frac{V_p}{1.4142}$	$\sqrt{2}$
Retangular d = ciclo de atividade		$V_p \cdot d$	$V_p \cdot \sqrt{d}$	$\sqrt{1/d}$
Retangular de Valor Médio Nulo		0	$V_p \sqrt{\frac{d}{(1-d)}}$	$\sqrt{\frac{(1-d)}{d}}$

Onda Quadrada Simétrica		0	V_p	1
Triangular		0	$\frac{V_p}{\sqrt{3}} \cong \frac{V_p}{1.7320}$	$\sqrt{3}$

A Figura 11 exemplifica os valores Average, RMS, Pico e Pico a Pico.

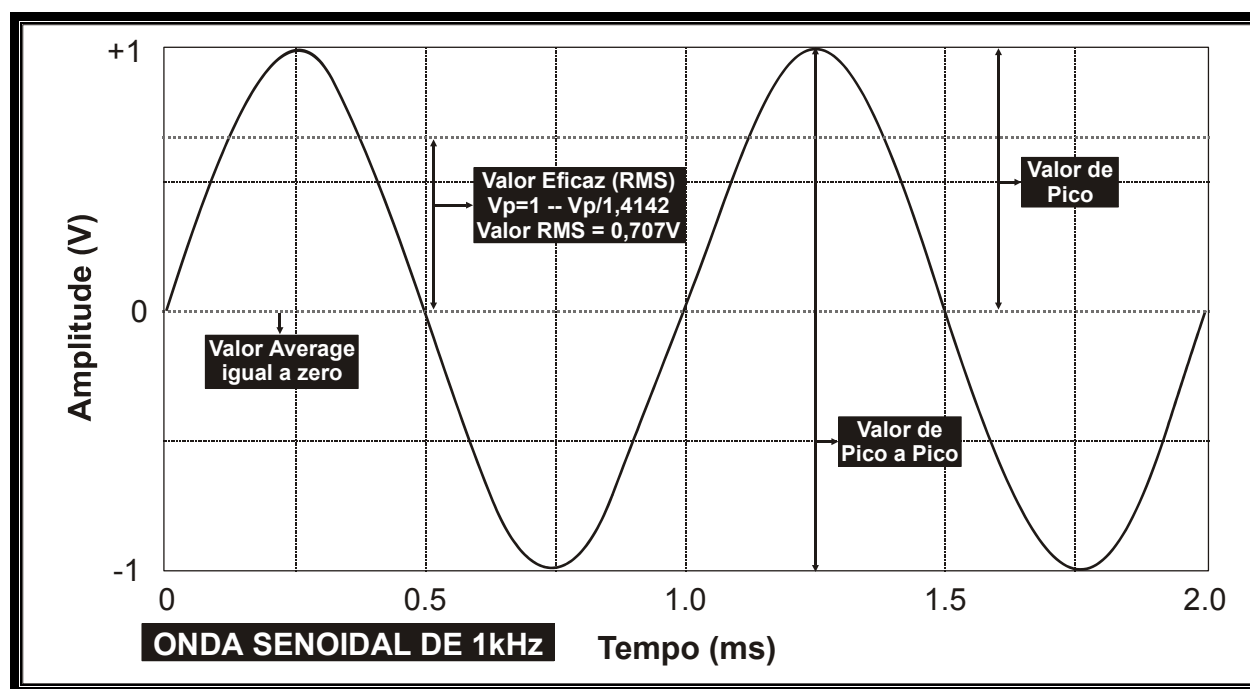


Figura 11 – Valores Average, RMS, Pico e Pico a Pico

6- Velocidade do Som

A maioria dos sons chegam aos nossos ouvidos transmitidos pelo ar, que age como meio transmissor. Em pequenas altitudes, os sons são bem audíveis, o que não ocorre em altas altitudes onde o ar é menos denso, pois com isso as moléculas estão mais distantes e transmitem menos a energia cinética da onda de uma para a outra, o que faz o ar quanto mais rarefeito menos transmissor.

Os sons não se transmitem no vácuo, porque necessitam de um meio material para a sua propagação. De maneira geral os sólidos transmitem o som melhor do que os líquidos e os gases.

Dependendo do meio que está sendo transmitido e da temperatura, o som pode assumir valores diferentes de velocidade de propagação. Veja a tabela 2.

Tabela 2 – Velocidades de Propagação do Som

Meio	Temperatura - °C	Metros/segundo
Ar	0	331,52
Ar	15	340,50
Ar	20	$\cong 344,0$
Ar	25	346,36
Ar	30	349,25
Ar	35	352,12
Hidrogênio	0	1286
Oxigênio	0	317,2
Água	15	1450
Água	25	1498
Chumbo	20	1230
Alumínio	20	5100
Cobre	20	3560

Ferro	20	5130
Ferro	25	5200
Granito	0	6000
Borracha vulcanizada	0	54
Vidro	25	4540
Dióxido de carbono	0	259
Hélio	0	965
Mercúrio	20	1450
Água doce	20	1482
Etanol	20	1162
Clorifórmio	20	1004

A equação que determina a velocidade do som no ar em função da temperatura é dada por:

$$C = C_{(0^{\circ})} \times \sqrt{1 + T_{(0^{\circ}C)} / 273,15} \quad [1.9]$$

onde :

$$C_{(0^{\circ})} = 331,52 \text{ m/s} = \text{velocidade do som a } 0^{\circ} \text{C}.$$

7- Comprimento de Onda

As ondas sonoras que se propagam pelo meio têm uma certa extensão ou comprimento de onda, que pode ser definido como a distância mínima em que um ciclo se repete.

Fórmula:

$$\lambda = \frac{V}{f} \quad [1.10]$$

onde :

λ = comprimento de onda

V = velocidade conforme o meio de propagação

f = frequência da onda

Para o ar com temperatura de 25°C temos $V \cong 346 \text{ m/s}$

A Figura 12 exemplifica o comprimento de onda.

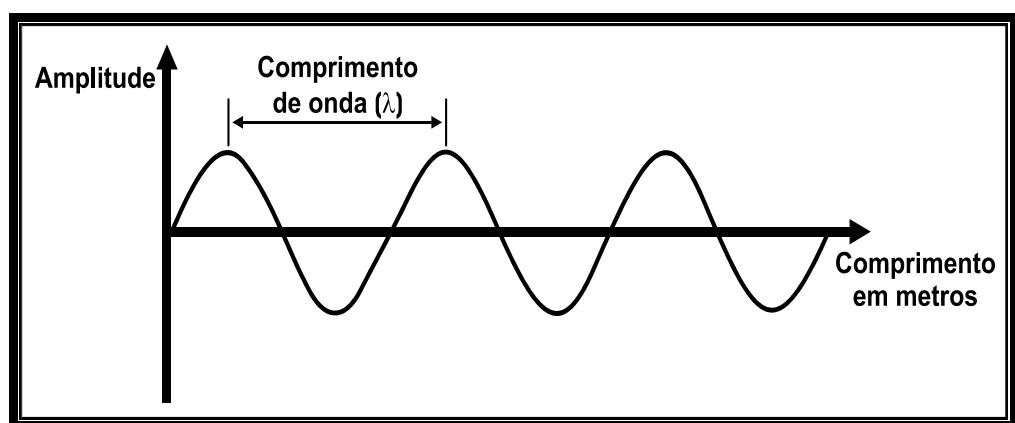


Figura 12 – Comprimento de Onda

Alguns exemplos de comprimento de onda:

- Considerando o meio de propagação o ar e com temperatura de 25°C , qual é o comprimento de onda de uma onda com frequência de 1kHz?

Resposta:

Pela fórmula 1.10 temos :

$$\lambda = \frac{V}{f} \text{ como } V \text{ para este caso é aproximadamente } 346 \text{ m/s}$$

$$\lambda = \frac{346 \text{ m/s}}{1 \text{ kHz}} = 0,346 \text{ m (metros) ou } 34,6 \text{ centímetros}$$

- Para o mesmo meio de propagação descrito anteriormente, qual seria o comprimento de onda para uma onda com frequência de 30Hz?

Resposta:

$$\lambda = \frac{V}{f} = \frac{346}{30} = 11,53 \text{ m}$$

Com estes exemplos apresentados podemos observar que quanto maior for a frequência da onda menor será o seu comprimento de onda, e quanto menor a frequência maior o comprimento de onda.

A tabela 3 apresenta alguns comprimentos de onda considerando a velocidade de propagação de 344m/s:

Tabela 3 – Comprimentos de Onda

Frequência (Hz)	Comprimento de Onda (metros)	Frequência (Hz)	Comprimento de Onda (metros)
10	34,40	500	0,688
20	17,20	1000	0,344
30	11,46	1500	0,229
40	8,60	2000	0,172
50	6,88	2500	0,137
60	5,73	5000	0,0688
70	4,91	7500	0,0458
90	3,82	10000	0,0340
100	3,44	15000	0,0229
250	1,376	20000	0,0172

8- Propagação Sonora, Compressão e Rarefação

As partículas de ar quando deslocadas de sua posição original tendem a ser restauradas por forças elásticas do ar em função da inércia das partículas. As partículas ultrapassam a posição de repouso, caminhando na direção oposta empurradas pelas forças elásticas.

O som pode ser facilmente transmitido em meios sólidos, líquidos e gasosos, mas sempre tem que haver um meio, caso contrário não há propagação. O movimento das partículas é dado em função de compressões e rarefações:

Compressão – lugar onde o ar fica mais denso, pois ocorre um maior agrupamento das partículas.

Rarefação – lugar onde o ar fica menos denso, pois ocorre um menor agrupamento das partículas.

Graficamente, esse movimento de compressão e rarefação pode ser representado por uma onda, onde a parte acima do eixo horizontal representa a compressão e a parte abaixo do eixo representa a rarefação.

A Figura 13 ilustra como ocorre a compressão e a rarefação.

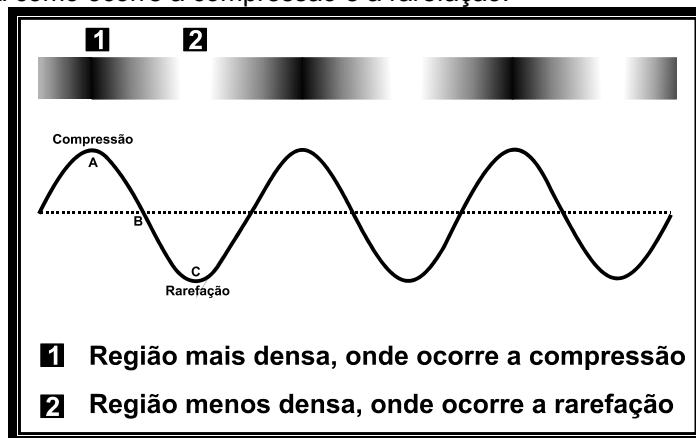


Figura 13 – Compressão e Rarefação

Através disso conseguimos relacionar o que ocorre com um alto-falante, pois quando o cone deste se move para fora o ar logo à sua frente é comprimido, ao mover-se para trás é criado logo à frente do cone uma

área de rarefação (também chamado de expansão). A Figura 14 exemplifica o funcionamento do alto-falante para gerar a ondulação.

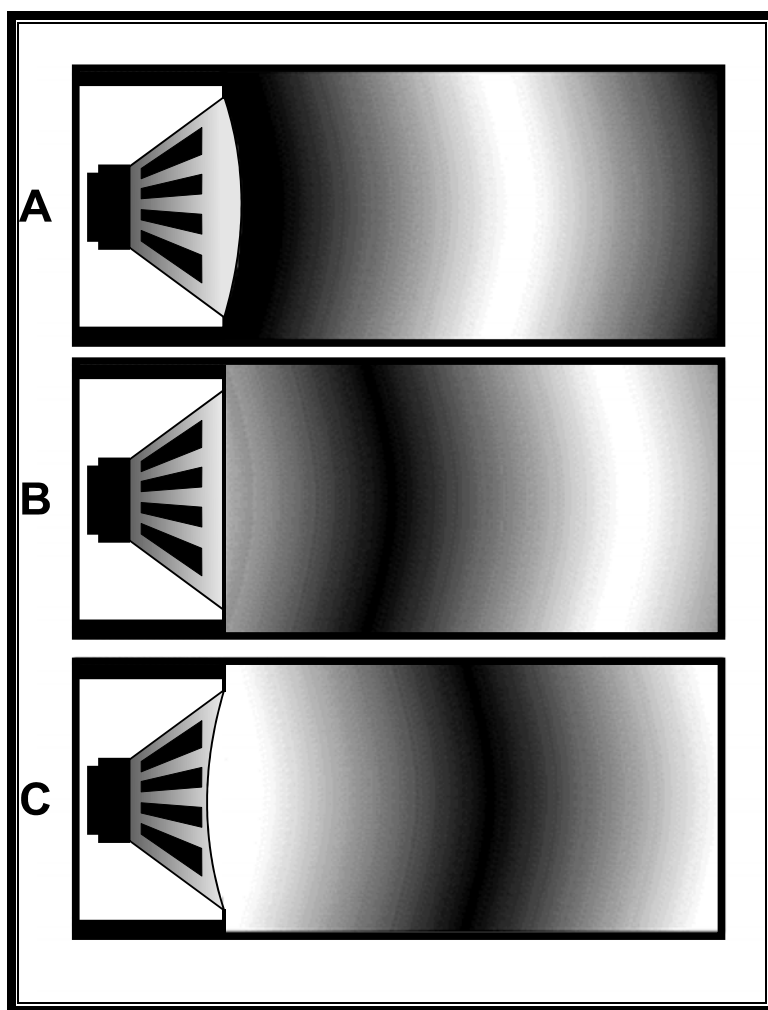


Figura 14 – Alto-Falante e Efeito de Ondulação

Observe os pontos A, B e C na figura 13 e 14, no ponto A o alto-falante está executando compressão, no ponto B o alto-falante está na posição de repouso e na posição C o alto-falante está executando o movimento de rarefação. Estes movimentos se repetem sucessivamente gerando o que chamamos de ondulações, e estas ondulações é que chegam aos nossos ouvidos nos causando a percepção de som. **Obs:** quanto maior a frequência de oscilação deste alto-falante maior número de oscilações serão geradas e teremos a percepção de som mais agudo, e quanto menor o número de oscilações mais grave.

9- Fenômenos Sonoros

Como o som é uma onda ele apresenta as seguintes propriedades características fundamentais: reflexão (eco e reverberação), refração, absorção, difração, interferência, ressonância e efeito Doppler.

9.1- Reflexão

A incidência de ondas em uma superfície rígida provoca o que chamamos reflexão, que é a produção de ondas no sentido oposto da que incidiu nesta superfície. Isso serve para ondas sonoras e luminosas. A reflexão pode ser Especular (quando a superfície de incidência dos raios é polida como metais, espelhos, etc.) ou Difusa (quando a superfície de incidência dos raios é irregular microscopicamente, fazendo com que os raios reflitam em várias direções). As figuras 15 e 16 ilustram como ocorre a reflexão especular e difusa.

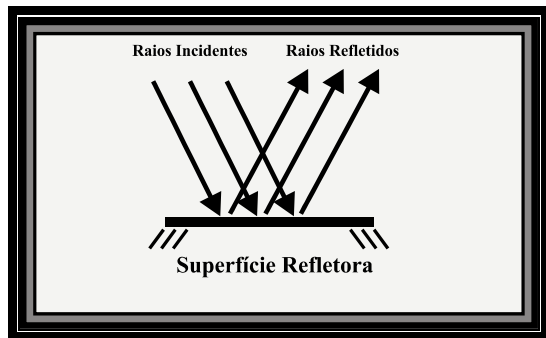


Figura 15 – Reflexão Especular

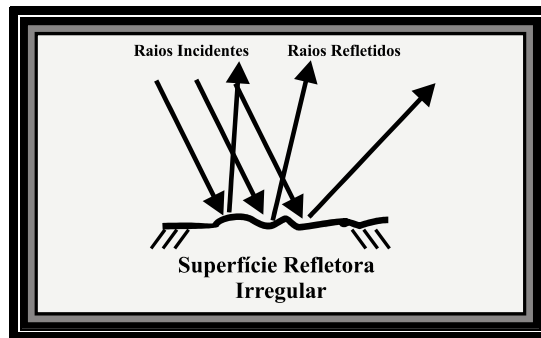


Figura 16 – Reflexão Difusa

Dentro da reflexão encontramos o Eco e a Reverberação.

9.1.1- Eco

Ocorre quando distinguimos o som refletido do som direto. Para uma pessoa poder ouvir o eco de um som produzido por ela mesma, esta deve ficar situada no mínimo 17 metros do obstáculo que irá refletir o som, pois o ouvido humano só é capaz de distinguir dois sons com um intervalo de tempo de 0,1 segundo ou 100 milissegundos. Como o som tem velocidade de 340m/s (no ar a 15°C) ele tem que percorrer pelo menos 34 metros ($340\text{m/s} \times 0,1\text{segundos}$) para que demore esse tempo de 100 milissegundos e o ouvido consiga detectar este som refletido. A figura 17 ilustra como ocorre o eco.

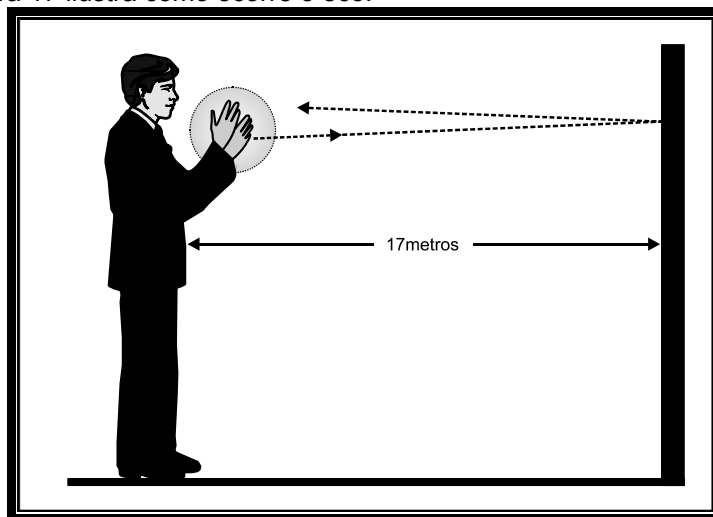


Figura 17 – Eco

9.1.2- Reverberação

Em lugares fechados ocorre o encontro do som com os obstáculos (paredes, objetos, vidros, etc.), estes produzem múltiplas reflexões, que além de reforçar o som, prolongam-se durante um tempo depois de cessada a emissão do som. Esse prolongamento constitui a reverberação. A reverberação ocorre quando o som refletido atinge o observador no instante em que o som está se extinguindo, com isso ocasionando o prolongamento da sensação da audição.

Ambientes com muita reverberação (igrejas, teatros e outros) prejudicam a inteligibilidade do som que está sendo emitido, por isso necessitam de tratamento acústico para diminuir a reverberação e melhorar a acústica. As figuras 18 e 19 exemplificam o que é reverberação.

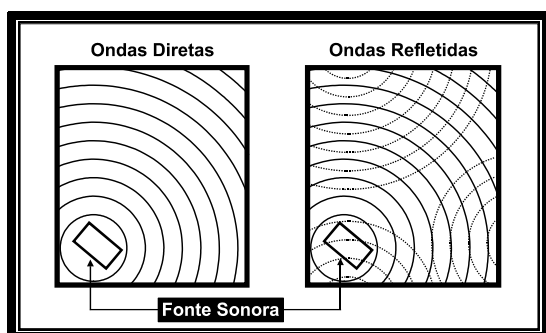


Figura 18 – Reverberação A

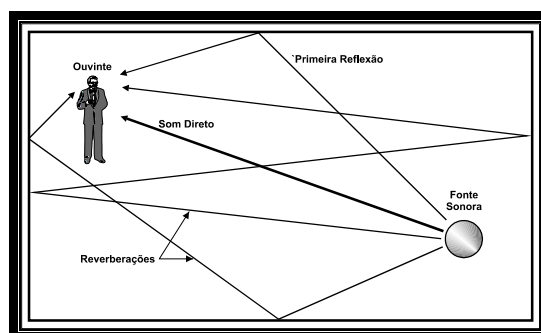


Figura 19 – Reverberação B

9.2- Refração

Ocorre quando a onda passa de um meio para outro, mudando sua velocidade de propagação e o seu comprimento de onda, mas mantendo sua frequência constante. Toda a onda muda de direção quando muda de meio propagador, devido a diferença de densidade dos meios, isso serve tanto para ondas luminosas como sonoras. Quando uma onda passa de um meio propagador para outro com densidade diferente ocorre uma mudança de velocidade de propagação e conseqüentemente mudança no comprimento de onda. Quando uma onda incide em um outro meio do qual estava propagando-se parte desta muda de direção e continua propagando-se no novo meio (refração), e parte desta reflete no mesmo meio que estava propagando-se primeiramente (reflexão). **Obs:** quanto maior for o índice de reflexão (quanto mais especular), menor o índice de refração. A figura 20 exemplifica a refração.

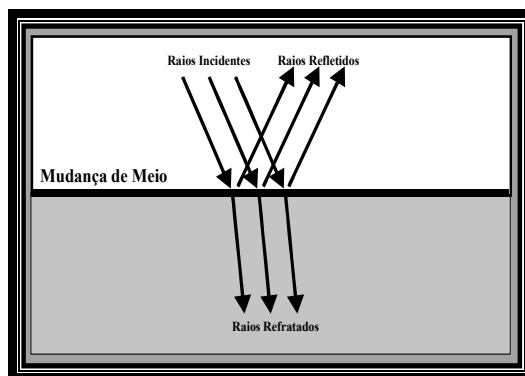


Figura 20 – Refração

9.3- Absorção

É a propriedade que alguns materiais possuem de dissipar a energia sonora que incide sobre eles, essa transformação ocorre tornando a energia mecânica vibratória em energia térmica.

Um exemplo de materiais com essa propriedade são os porosos, tais como a espuma (de células abertas intercomunicantes). Ao incidir sobre o material, a onda sonora faz com que o ar nele contido transmita a vibração da onda para as paredes das células, as quais vibrando, transformam-na em calor (esse efeito é imperceptível, devido a fácil dissipação desse calor no ambiente). Tal propriedade é particularmente interessante quando se deseja minimizar as múltiplas reflexões do som no ambiente em que ele é gerado (diminuir a reverberação).

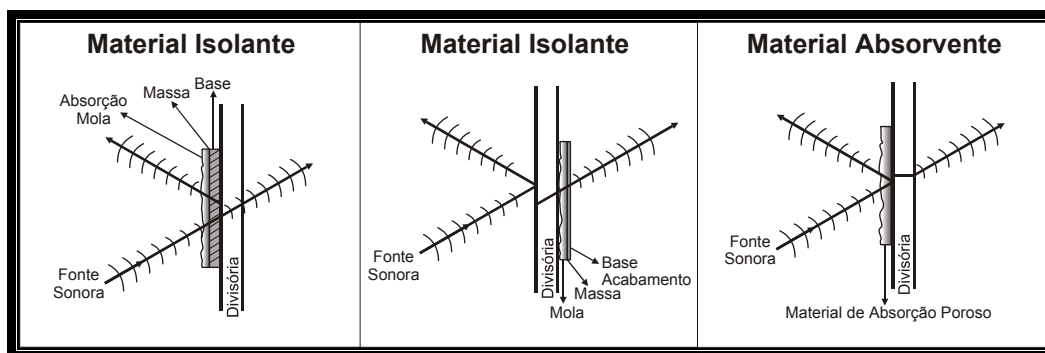


Figura 21 – Absorção

9.4- Difração

É o fenômeno pelo qual uma onda consegue contornar objetos, ou transpor obstáculos. Se um objeto é colocado entre a fonte sonora e o ouvinte, o som é enfraquecido, mas não extinto. Acontece que as ondas sonoras não se propagam em linha reta, mas sim sofrem desvios nas extremidades dos obstáculos que encontram pelo caminho. Em ondas luminosas esse fenômeno ocorre com pouca frequência, pois o comprimento de onda é muito pequeno, já em ondas sonoras é um efeito bastante comum por ter comprimentos de onda maiores. Para o caso de ondas sonoras o efeito é aumentado quanto menor for a fenda. A figura 22 exemplifica como ocorre a difração.

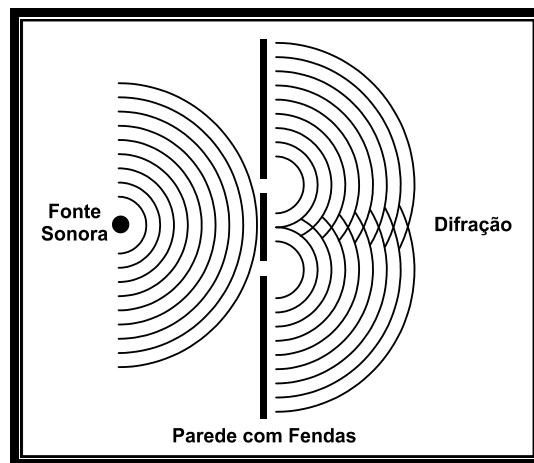


Figura 22 – Difração

9.5- Interferência

Quando duas fontes sonoras coerentes se interferem, a interferência num ponto será **somente construtiva** ou **somente destrutiva**, se a diferença entre as distâncias das fontes ao ponto comum for igual a um número inteiro de meios comprimentos de onda. Este número é representado por “K”, sendo que para K par temos interferência construtiva e para K ímpar temos interferência destrutiva. Podemos dizer que consiste em um recebimento de dois ou mais sons de fontes diferentes, onde teremos uma região do espaço na qual, em certos pontos ouviremos um som forte (construtiva), e em outros, um som fraco ou uma ausência de som (destrutiva). As figuras 23 e 24 ilustram como ocorre a interferência construtiva e interferência destrutiva.

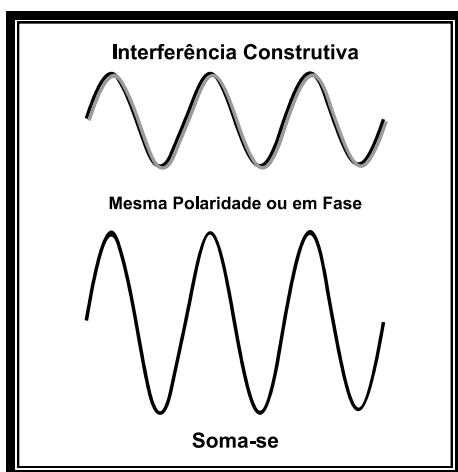


Figura 23 – Interferência Construtiva

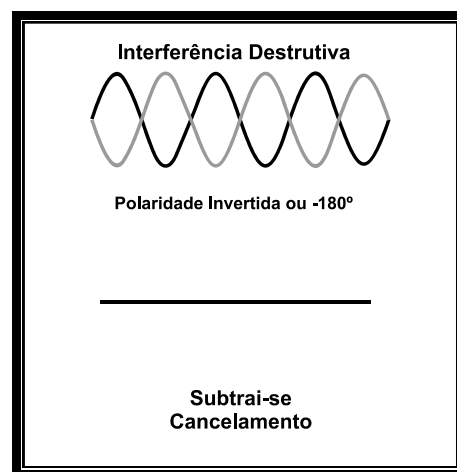


Figura 24 – Interferência Destrutiva

9.6- Ressonância

Quando um corpo começa a vibrar por influência de outro, na mesma frequência deste, ocorre o fenômeno chamado de ressonância. Este fenômeno é muito comum em áudio, pois atinge muito os instrumentos que trabalham com frequências mais baixas (bateria, percussão, contra-baixo, etc.), quando estes sons são captados e amplificados geram influência de ressonância em outros, causando interferências desagradáveis e que normalmente tem que ser corrigidas de alguma forma (abafadores, equalizadores, etc.), para que não degradem o som de outros instrumentos.

9.7- Efeito Doppler

Consiste em ouvirmos o som mais agudo quando a fonte sonora se aproxima de nós e mais grave quando a fonte sonora se afasta de nós. Isto pode ocorrer também quando a fonte sonora está fixa e o observador se movimentando. Quando ocorre uma aproximação entre o observador e a fonte sonora, o observador recebe um maior número de ondas por unidade de tempo (dependendo da sua velocidade), e quando há afastamento ele recebe um número menor de ondas, essa variação aparente da frequência de onda é chamada de efeito Doppler em homenagem ao físico e matemático austríaco Christian Johann Doppler (1800). A fórmula 1.10 mostra como encontrar a relação do efeito Doppler.

$$f' = f \left(\frac{v \pm v_0}{v \pm v_F} \right) \quad [1.11]$$

onde :

$v \Rightarrow$ velocidade da onda

$v_F \Rightarrow$ velocidade da fonte

$v_0 \Rightarrow$ velocidade do observador

$f \Rightarrow$ frequência real emitida pela fonte

$f' \Rightarrow$ frequência aparente recebida pelo observador

A convenção para os sinais é a seguinte.

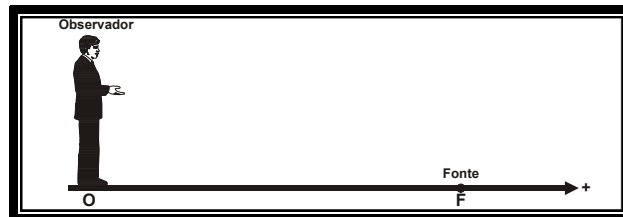


Figura 25 – Ilustração para Convenção de Doppler

A trajetória será positiva no sentido O para F, assim:

$$v_0 \begin{cases} \rightarrow + \text{observador se aproxima da fonte} \\ \leftarrow - \text{observador se afasta da fonte} \end{cases}$$

$$v_F \begin{cases} \rightarrow + \text{fonte se afasta do observador} \\ \leftarrow - \text{fonte se aproxima do observador} \end{cases}$$

$v_0 = 0$, o observador está parado

$v_F = 0$, a fonte está parada

A figura 26 dá uma idéia de como ocorre o efeito Doppler:



Figura 26 – Efeito Doppler

10- Ondas Transversais e Ondas Longitudinais

Se o deslocamento dos átomos ou moléculas for perpendicular à direção em que a onda está viajando, a onda é chamada de **onda transversa**. Exemplo é a vibração da corda de um violão. A figura 27 ilustra a onda transversal.

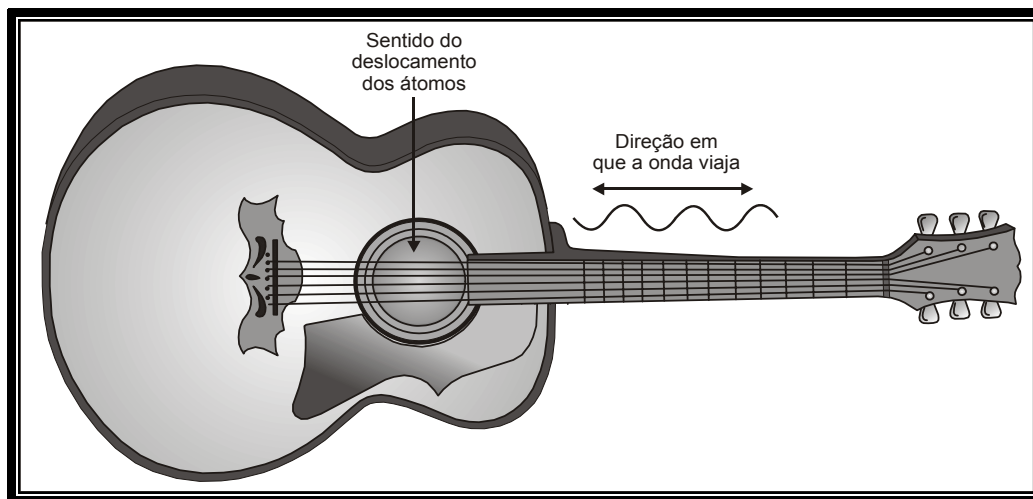


Figura 27 – Onda Transversal

Se o deslocamento for paralelo à direção do movimento da onda, ela é chamada de **onda longitudinal** ou de **compressão**. A figura 28 ilustra a onda longitudinal.

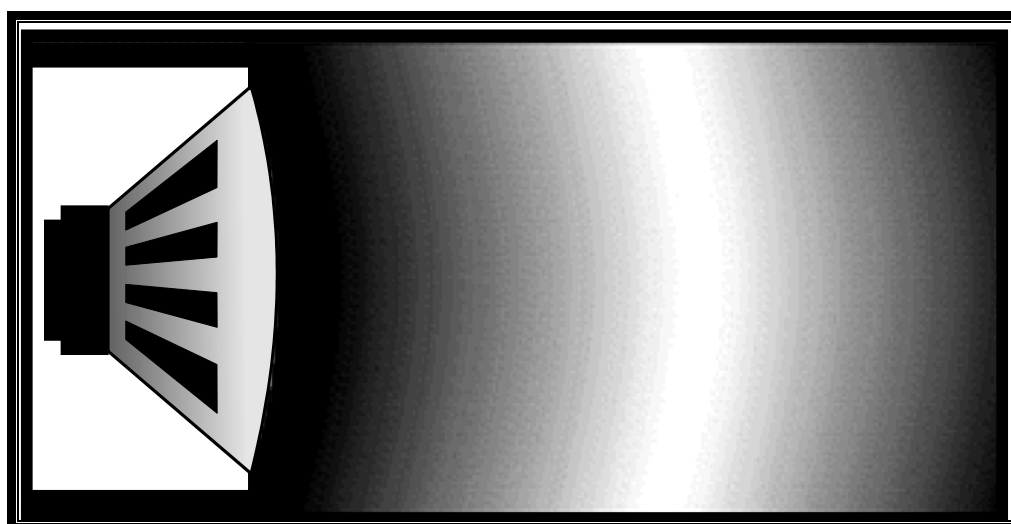


Figura 28 – Onda Longitudinal

Ondas transversas só podem ocorrer em sólidos, enquanto que ondas longitudinais em sólidos, líquidos e gases. O movimento transversal requer que cada partícula arraste as partículas adjacentes às quais ela está fortemente ligada. Em um fluido isto é impossível, já que as partículas adjacentes podem se deslocar facilmente pelas outras.

O movimento longitudinal somente requer que cada partícula empurre os seus vizinhos, o que pode acontecer também em líquidos ou gases.

11- Comportamento do Som ao Ar Livre

A intensidade do som diminui com o aumento da distância da fonte geradora. No ar livre não temos a influência de superfícies, objetos refletoras ou objetos absorventes, desse modo, o som é dissipado igualmente em todas as direções. A figura 29 nos ajudará entender melhor.

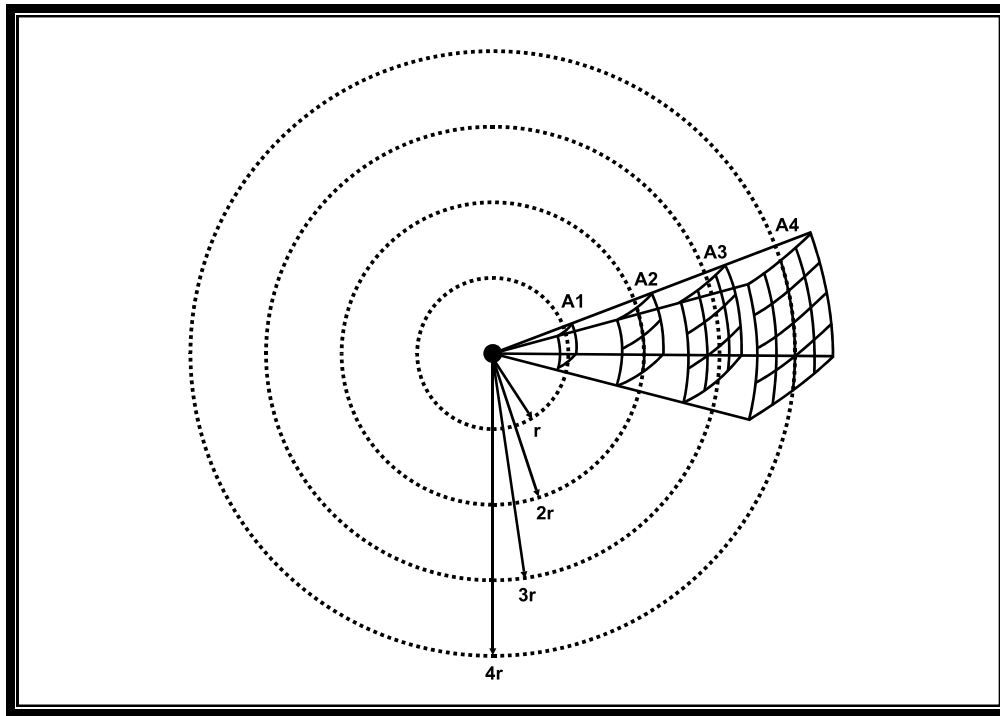


Figura 29 – Dissipação do Som ao Ar Livre

Na figura 29 podemos observar que com o aumento da distância ocorre o aumento da área onde o som é dissipado. A mesma potência é dissipada através dos pontos A1, A2, A3 e A4, porém a área é aumentada na proporção do quadrado do raio. Com isso surge a lei do inverso quadrado (The Inverse Square Law).

A intensidade sonora (potência por unidade de área), é um parâmetro difícil de ser medido, já a pressão sonora é um parâmetro de fácil medição. Como a intensidade é proporcional ao quadrado da pressão sonora, a lei do inverso quadrado (intensidade), passa para a lei do inverso da distância (pressão sonora), dessa forma a pressão sonora irá variar inversamente proporcional ao quadrado da variação da distância. Por este motivo temos que a pressão sonora cai 6dB (cai pela metade) a cada dobro da distância para **ar livre** (Lei do Inverso Quadrado), sendo que para ambientes fechados esse valor pode ser menor em virtude das reflexões (reverberações e ecos).

Exemplo: suponha que tenhamos uma caixa capaz de produzir 100dB SPL a 1Watt/1metro, e que colocamos 100Watts de potência elétrica na mesma, qual será o SPL fornecido pela caixa a 50 metros de distância dessa caixa?

Resolução:

$$10 \cdot \log_{10} \frac{100 \text{ watts}}{1 \text{ watt}} = 20 \text{ dB}$$

assim :

$$100 \text{ dB} + 20 \text{ dB} = 120 \text{ dB com } 100 \text{ watts a } 1 \text{ metro.}$$

aplicando a lei da perda com a distância, lembrando que para distância temos $20 \cdot \log$:

$$20 \cdot \log_{10}(50 \text{ metros}) \cong 34 \text{ dB}$$

subtraindo temos :

$$120 \text{ dB} - 34 \text{ dB} = 86 \text{ dB à } 50 \text{ metros de distância da caixa acústica.}$$

Com este exemplo podemos observar que basta calcular o valor em dB com o valor de potência aplicado, calcular a perda com a distância e depois subtrair um do outro, ou seja, um cálculo bastante simples de fazer.

12- Quadro de Fórmulas

Tabela 4 – Quadro de Fórmulas

$V^2 / R \text{ ou } V^2 / Z$	P		$V / R \text{ ou } V / Z$
$I^2 . R \text{ ou } I^2 . Z$			P / V
$V . I$			$\sqrt{P / R} \text{ ou } \sqrt{P / Z}$
$\sqrt{P . R} \text{ ou } \sqrt{P . Z}$	V ou E		V / I
P / I			P / I^2
$I . R \text{ ou } I . Z$			V^2 / P

Onde:

P ou W = Potência Elétrica em Watts.

V ou E = Tensão em Volts.

I = Corrente em Ampères.

R = Resistência em Ohms (DC).

Z = Impedância em Ohms (AC).

13- Referências Bibliográficas

- [1] KINSLER, Lawrence E.; FREY, Austin R.; COPPENS, Alan B.; SANDERS, James V. **Fundamentals of Acoustics**. Inc. 3rd ed. John Wiley&Sons, 1982.
- [2] SILVA, Homero Sette. **Alto-Falantes&Caixas Acústicas**. 1^a ed. Rio de Janeiro: Editora H. Sheldon, 1996.
- [3] COSTA, Dênio. **Curso de Áudio Intermediário**. Attack do Brasil. Paraná, 2001.
- [4] FIDALGO, André. **Instrumentação e Medidas 2**. Disponível em: <<http://www.ave.dee.isep.ipp.pt/~avf/disciplinas/im2iqi/im2iqi.htm>>. Acesso em 03 de março de 2004.
- [5] **Valor Médio e Eficaz**. Escola Federal de Engenharia de Itajubá. Departamento de Eletrônica. Disponível em: <<http://gerson.iee.efei.br/elt09/laboratorio>>. Acesso em 10 de janeiro de 2004.
- [6] BERTULANI, C. A. **Curso de Física 2 Interativo**. Disponível em: <<http://www.if.ufrj.br/teaching/fis2>>. Acesso em 20 de janeiro de 2004.
- [7] **Acústica**. Disponível em: <<http://www.fisicar.hpg.ig.com.br/acustica.htm>>. Acesso em 20 de janeiro de 2004.
- [8] **Propagação das Ondas Sonoras**. Disponível em: <<http://geocities.yahoo.com.br/galileon/1/ondas/ondas.htm>>. Acesso em 20 de fevereiro de 2004.
- [9] **Reverberação**. Disponível em: <<http://www.universitario.net/ilevm>>. Acesso em 1º de novembro de 2003.