

## 1- Introdução

A enorme variação nos níveis de potência, tensão, corrente e pressão sonora existentes nos sistemas de áudio e o fato de nossos sentidos comportarem-se de uma forma aproximadamente logarítmica (nossa percepção da variação da intensidade de um estímulo é proporcional ao estímulo já existente), fez com que fosse definido uma unidade logarítmica para formar uma escala de níveis de sinal, aplicada a níveis de potência ou grandezas cujo quadrado seja proporcional a potência. Esta unidade recebeu o nome de Bel (B), em homenagem a Alexander Graham Bell (o inventor do telefone, 1847-1922).

O Bel é representado da seguinte forma:

$$Bel = \log\left(\frac{P}{P_0}\right) \quad (1)$$

Onde log é o logaritmo<sup>1</sup> na base 10.

Como cada variação de 1 bel na escala equivale a uma multiplicação por 10 do valor da potência, surgiu a necessidade de um submúltiplo para indicar as variações menores. Por conseguinte criou-se o decibel (dB), onde temos a variação de 10dB para cada variação de 1 bel no nível de potência. Então podemos escrever:

$$x \text{ decibéis} = 10 \cdot \log\left(\frac{P}{P_0}\right) \quad (2)$$

P = potência medida

P<sub>0</sub> = potência de referência

Vale a pena lembrar que o dB é uma unidade relativa, com isso torna-se necessário sempre especificar a grandeza de referência.

Mais tarde, esta escala de decibéis foi aplicada a diversas grandezas associadas a acústica e aos movimentos vibratórios, mas sempre manteve sua ligação com a potência e a energia dos sinais e sistemas, assim o Bel foi sendo abandonado. Agora podemos dar uma definição melhor para o decibel, ou seja, é uma unidade de medida derivada do "Bel" (1) utilizada para comparar duas potências, equivalendo a:

$$10 \cdot \log\left(\frac{P}{P_0}\right)$$

P = potência medida

P<sub>0</sub> = potência de referência

Quando P = P<sub>0</sub> temos o nível de 0dB

Para grandezas onde o quadrado é proporcional a potência (tensão, corrente elétrica, pressão sonora, força e velocidade) temos:

$$\text{tensão} \Rightarrow x \text{ dB} = 20 \cdot \log\left(\frac{V}{V_0}\right) \quad (3)$$

V<sub>0</sub> = é a tensão de referência

$$\text{corrente elétrica} \Rightarrow x \text{ dB} = 20 \cdot \log\left(\frac{I}{I_0}\right) \quad (4)$$

I<sub>0</sub> = é a corrente elétrica de referência

$$\text{pressão sonora} \Rightarrow x \text{ dB} = 20 \cdot \log\left(\frac{p}{p_0}\right) \quad (5)$$

P<sub>0</sub> = é a pressão sonora de referência

<sup>1</sup> "logo" palavra ou proporção + "aritmo" aritmética – logaritmos ou "números proporcionais".

A utilização do multiplicador 20 nas fórmulas para achar o nível em dB de tensões, correntes e pressão sonora está ligada ao fato de que a potência elétrica ou a intensidade acústica (potência/área) é proporcional ao quadrado das tensões, correntes ou pressão sonora, e também pela propriedade dos logaritmos que apresenta a seguinte equação:

$$\log(x^2) = 2 \cdot \log(x) \quad (6)$$

Outro motivo muito importante para esta transformação é o de que geralmente será bem mais fácil medir tensões, correntes ou pressão sonora, que potência diretamente.

## 2- Unidades mais Utilizadas

### 2.1- dBu

É a unidade mais utilizada no áudio atualmente. Tomou o lugar do dBm em áudio profissional quando os níveis de potência foram substituídos por níveis de tensão, mas mesmo assim ainda manteve uma certa relação com o dBm. Para identificarmos, basta saber que o dBm equivale a uma tensão de  $0.775\text{Volts}^2$  rms (Vrms) sobre uma impedância ou carga de  $600\Omega$ , que produz uma potência de 1 miliwatt sobre esta carga. Assim podemos dizer que o dBu é igual ao dBm se a carga for de  $600\Omega$ , mas somente para uma carga de  $600\Omega$ .

O decibel relativo, quando for referenciado a uma tensão de 0.775Vrms, passa para a forma de decibel absoluto, sendo que terá "x" dBu acima ou abaixo de 0,775Vrms. A expressão básica para cálculos simples com dBu recebe a seguinte forma:

$$dBu = 20 \cdot \log_{10} \frac{V}{V_0} \quad (7)$$

$V_0$  é a tensão de referência = 0.775Vrms ou 775mV

Assim:

$$dBu = 20 \cdot \log_{10} \frac{V}{0.775V} \quad (8)$$

- Vamos supor um nível de tensão de 0.005Vrms ou 5mVrms. Qual será o nível de tensão em dBu?

Resposta:

Basta utilizar a equação (8).

$$dBu = 20 \cdot \log_{10} \frac{0.005}{0.775} = -43.8dBu$$

- Para conversão de um nível em dBu para tensão em volts, utilizamos a fórmula (8) e algumas propriedades dos logaritmos. Assim temos:

$$20 \cdot \log_{10} \frac{0.005}{0.775} = -43.8dBu$$

No lugar de 0.005 substituímos por V, que é a tensão que queremos achar.

$$20 \cdot \log_{10} \frac{V}{0.775} = -43.8dBu$$

<sup>2</sup> Unidade de tensão ou diferença de potencial correspondente à voltagem entre dois pontos de um fio condutor transportando uma corrente constante de 1 ampère<sup>3</sup>, quando a potência dissipada entre estes dois pontos é de 1 watt.

<sup>3</sup> Unidade de intensidade elétrica correspondente ao fluxo de 1 volt através da resistência de 1 ohm.

Solução:

$$\left(\frac{V}{0.775}\right)^{20} = 10^{-43.8}$$

$$\frac{V}{0.775} = \sqrt[20]{10^{-43.8}} \Rightarrow \frac{V}{0.775} = (10)^{\frac{-43.8}{20}} \Rightarrow V = 0.0064565 \times 0.775$$

$$V = 0.005V \text{ ou } 5mV$$

Vamos agora mostrar mais alguns exemplos de valores típicos encontrados nos equipamentos de áudio atuais.

- **- 45dBu** é equivalente a 4,35milivolts rms (4,35mVrms). Comum em entradas de pré-amplificadores para microfones balanceados em consoles (mesa de controle manual ou automático) de mixagem.

Resolução:

$$\left(\frac{V}{0.775}\right)^{20} = 10^{-45}$$

$$V = \sqrt[20]{10^{-45}} \times 0.775 \Rightarrow (10)^{\frac{-45}{20}} \times 0.775$$

$$V \cong 4,35mVrms$$

- **+ 4dBu** é equivalente a 1,23volts rms (1,23Vrms). Encontrado nas entradas e saídas balanceadas em nível de linha. Este valor é tipicamente encontrado em amplificadores de potência, que especificam sua sensibilidade<sup>4</sup> de entrada com +4dBu (1,23Vrms).

Resolução:

$$\left(\frac{V}{0.775}\right)^{20} = 10^4$$

$$V = \sqrt[20]{10^4} \times 0.775 \Rightarrow (10)^{\frac{4}{20}} \times 0.775$$

$$V \cong 1,23Vrms$$

- **0dBu** é equivalente a 775milivolts rms (775mVrms). Também encontrado nas entradas e saídas balanceadas em nível de linha, em mixers, pré-amplificadores, consoles, amplificadores de potência, etc. Estes especificam sua sensibilidade em 0dBu (775mVrms).

Resolução:

$$\left(\frac{V}{0.775}\right)^{20} = 10^0$$

$$V = \sqrt[20]{10^0} \times 0.775 \Rightarrow (10)^{\frac{0}{20}} \times 0.775$$

$$V \cong 775mVrms$$

- **-10dBu** é equivalente a 245milivolts rms (245mVrms). Encontrado nas entradas e saídas balanceadas em nível de linha de inúmeros equipamentos, sendo uma referência antiga. Vários fabricantes já oferecem seus equipamentos nos dois níveis, estes especificam sua sensibilidade nos dois níveis através de seleção geralmente por uma chave, -10dBu ou +4dBu (245mVrms ou 1,23Vrms).

Resolução:

<sup>4</sup> O sinal na entrada de um equipamento necessário para conseguir-se um nível pré-determinado na saída do mesmo. Quanto menor o número, mais sensível o aparelho. Em caixas acústicas, o volume em decibéis que o mesmo produzirá a um metro quando submetido a um sinal de 1 watt.

$$\left(\frac{V}{0.775}\right)^{20} = 10^{-10}$$

$$V = \sqrt[20]{10^{-10}} \times 0.775 \Rightarrow (10)^{\frac{-10}{20}} \times 0.775$$

$$V \cong 245mVrms$$

## 2.2- dBV

O decibel relativo quando for referenciado a uma tensão de 1Vrms, passa para a forma de decibel absoluto, sendo que terá "x" dBV acima ou abaixo de 1Vrms. A expressão básica para cálculos simples com dBV recebe a seguinte forma:

$$dBV = 20 \cdot \log_{10} \frac{V}{V_0} \quad (9)$$

$V_0$  = é a tensão de referência = 1Vrms

Assim:

$$dBV = 20 \cdot \log_{10} \frac{V}{1V} \quad (10)$$

Perceba que o dBV também é uma unidade para expressar níveis de tensão como o dBu, tendo sua tensão de referência igual a 1 Volt.

- **-45dBV** é equivalente a 5,62milivolts rms (5,62mVrms).

$$\left(\frac{V}{1}\right)^{20} = 10^{-45}$$

$$V = \sqrt[20]{10^{-45}} \times 1 \Rightarrow (10)^{\frac{-45}{20}} \times 1$$

$$V \cong 5,62mVrms$$

- **+4dBV** é equivalente a 1,58 volts rms (1,58Vrms).

$$\left(\frac{V}{1}\right)^{20} = 10^4$$

$$V = \sqrt[20]{10^4} \times 1 \Rightarrow (10)^{\frac{4}{20}} \times 1$$

$$V \cong 1,58Vrms$$

- **0dBV** é equivalente a 1 volt rms (1Vrms).

$$\left(\frac{V}{1}\right)^{20} = 10^0$$

$$V = \sqrt[20]{10^0} \times 1 \Rightarrow (10)^{\frac{0}{20}} \times 1$$

$$V \cong 1Vrms$$

- **-10dBV** é equivalente a 316milivolts rms (316mVrms).

$$\left(\frac{V}{1}\right)^{20} = 10^{-10}$$

$$V = \sqrt[20]{10^{-10}} \times 1 \Rightarrow (10)^{\frac{-10}{20}} \times 1$$

$$V \cong 316mVrms$$

## 2.3- dBm

Uma das mais antigas unidades com a qual o decibel se relaciona é o dBm. Essa unidade é baseada em potência e foi muito utilizada em áudio e em radiofrequência, em se tratando de equipamentos de baixa potência. Atualmente no campo do áudio, o dBm cedeu lugar ao dBu. Já no campo de telecomunicações ainda é amplamente utilizado (ex: potência irradiada por antenas de transponders de satélites as quais são especificadas em dBm).

O dBm assume um valor numérico de referência de 1miliwatt (1mW) ou 0,001watt<sup>5</sup>. **Obs:** para o dBm adotou-se a impedância de 600Ω como padrão, por ser freqüentemente a impedância característica das linhas de transmissão para circuitos de voz em telefonia.

Agora podemos entender a relação entre o dBu e o dBm. Quando uma potência de 1mW é colocada sobre uma impedância de 600Ω se obtém uma tensão de 0,775Vrms que é o 0dBu visto anteriormente. Assim se a impedância for de 600Ω as unidades representam um mesmo valor, apenas o dBu expressando tensão e o dBm potência.

Resolução:

$$1mW = \frac{V^2}{600\Omega}$$

$$V = \sqrt{1 \cdot 10^{-3} \times 600\Omega} \Rightarrow V \cong 0,775Vrms \text{ ou } 775mVrms$$

O decibel relativo quando for referenciado a uma potência de 1mWrms, passa para a forma de decibel absoluto, sendo que terá "x" dBm acima ou abaixo de 1mWrms. A expressão básica para cálculos simples com dBm recebe a seguinte forma:

$$dBm = 10 \cdot \log_{10} \frac{P}{P_0} \quad (11)$$

$P_0$  é a potência de referência = 1mWrms

Assim:

$$dBm = 10 \cdot \log_{10} \frac{P}{1mW} \quad (12)$$

A seguir mostraremos uma escala com relação de potência em dBm e watt para uma melhor interpretação.

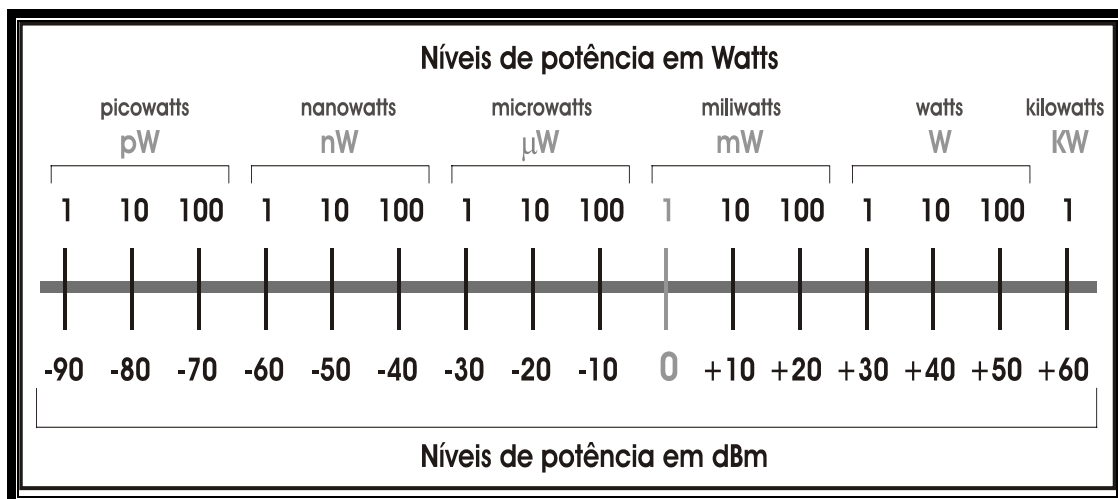


Figura 1 – Escala com relação entre dBm e Watts

A partir da figura 1 temos uma seqüência de níveis de potências em watts e em dBm, o que nos facilita muito a execução de conversões rápidas entre ambos.

<sup>5</sup> Unidade de potência correspondente ao trabalho de 1 joule por segundo. Potência gasta quando uma corrente contínua de 1 ampère flui através de uma resistência de 1 ohm<sup>6</sup>. Uma medida de potência elétrica ou acústica.

<sup>6</sup> É a unidade de resistência. É definida como sendo a resistência a 0°C de uma coluna uniforme de mercúrio de 106,3cm e 14,451 gramas de peso. Um ohm é o valor da resistência através da qual a diferença de potencial de 1 volt pode manter uma corrente de 1 ampère.

## 2.4- dBW

O dBW é uma unidade muito útil para relacionarmos potência, mas atualmente é muito pouco utilizada no áudio. Foi utilizada por alguns fabricantes de amplificadores de potência, e aos poucos caiu em desuso. O dBW é referenciado a uma potência de 1watt (1W), em conseqüência disso 0dBW é igual a 1W.

Quando especificamos ou trabalhamos com medidas de potência em estágios de saída de amplificadores, o dBW é muito adequado para expressar estes níveis bastante grandes de potência.

O decibel relativo quando for referenciado a uma potência de 1Wrms, passa para a forma de decibel absoluto, sendo que terá "x" dBW acima ou abaixo de 1Wrms. A expressão básica para cálculos simples com dBW recebe a seguinte forma:

$$dBW = 10 \cdot \log_{10} \frac{P}{P_0} \quad (13)$$

$P_0$  é a potência de referência = 1Wrms

Assim:

$$dBW = 10 \cdot \log_{10} \frac{P}{1W} \quad (14)$$

Vamos citar alguns exemplos:

- Suponha que um amplificador tem potência de 40Wrms. Qual será sua potência expressa em dBW?  
Resolução:

$$dBW = 10 \cdot \log_{10} \frac{40}{1W}$$

$$dBW = 16,02dBW$$

- Suponha agora que um amplificador tenha 500Wrms. Qual será sua potência expressa em dBW?  
Resolução:

$$dBW = 10 \cdot \log_{10} \frac{500}{1W}$$

$$dBW = 26.98dBW$$

- Se um amplificador tem uma potência de 30dBW. Qual será sua potência expressa em Watts?

$$\left(\frac{P}{1}\right)^{10} = 10^{30}$$

$$P = \sqrt[10]{10^{30}} \times 1 \Rightarrow (10)^{\frac{30}{10}} \times 1$$

$$P \cong 1000Wrms$$

## 2.5- dB SPL (Sound Pressure Level ou Nível de Pressão Sonora)

O dB SPL (Sound Pressure Level – Nível de Pressão Sonora) é uma das unidades preferidas de todos os envolvidos em campeonatos de som que procuram cada vez mais promover esse nome, pois ganham o apoio de muitos fabricantes de alto-falantes. Esta categoria de usuários normalmente não sabe o que quer dizer "SPL" e principalmente os problemas que os altíssimos níveis de SPL causam aos ouvidos, os quais são irreversíveis. A referência do dB SPL é a pressão sonora efetiva que existe no campo acústico (pressão eficaz provocada no ar por um dispositivo acústico qualquer). O SPL é a pressão que chega aos nossos ouvidos, e todas as medições acústicas realizadas tendo como objeto o nosso ouvido, o utilizam.

O dB SPL trata das variações da pressão do ar provocadas por uma onda sonora. Para ele, utiliza-se a unidade de pressão aceita pelo Sistema Internacional de Unidades (SI), que é o "bar"<sup>7</sup>.

<sup>7</sup> A unidade oficial de pressão é o pascal (Pa), onde 1Pa = 1 N/m<sup>2</sup>. Para fins práticos usa-se, freqüentemente, a unidade bar onde 1 bar = 10<sup>5</sup> Pa = 10 N/cm<sup>2</sup>. Ainda existe a atmosfera (at) onde 1 at = 1 kgf/cm<sup>2</sup> ≅ 0,981 bar.

Como os valores são muito pequenos necessitamos introduzir o microbar ( $\mu\text{B}$ ). Para execução prática dos cálculos utilizamos uma pequena fração do microbar que é de 0,0002 microbar (alguns artigos podem trazer como sendo referenciado ao Pascal (Pa)<sup>8</sup> que tem a seguinte relação  $1\text{Pa} = 10\mu\text{B}$ ), que corresponde à intensidade sonora de  $10^{-16}$  watt por centímetro quadrado, ou  $0,0000000000000001 \text{ W/cm}^2$ .

Pode-se notar que estes valores de pressão e potência são muito pequenos, assim temos a dimensão de como os nossos ouvidos são extremamente sensíveis às variações de pressão do ar. Para avaliar o nível de SPL que será alcançado não devemos considerar isoladamente a potência elétrica liberada pelo amplificador, mas sim a potência acústica e elétrica. A potência acústica também utiliza uma referência muito pequena de  $10^{-12}$  watt (1 picowatt), por isso, se uma fonte sonora irradia 1W (pode ser um alto-falante), teremos 120dB em potência acústica, o que chega bem perto do limiar de dor dos nossos ouvidos. Bem, então vimos que o dB SPL (Sound Pressure Level) está referenciado a uma pressão de  $0,0002\mu\text{B}$ , mas lembre-se que alguns autores podem trazer referenciado a pascal (Pa) onde  $0,0002\mu\text{B}$  equivale a  $20\mu\text{Pa}$ . A expressão básica para cálculos de SPL é:

$$SPL = 20 \cdot \log_{10} \frac{P}{P_0} \quad (15)$$

$P_0$  é a pressão de referência =  $0,0002\mu\text{B} = 20\mu\text{Pa}$ , pois  $1\text{Bar} = 10^5 \text{ Pa}$   
 $P$  é a pressão sonora efetiva em um meio acústico qualquer  
 Assim:

$$SPL = 20 \cdot \log_{10} \frac{P}{0,0002\mu\text{B}} \quad (16)$$

Vamos trabalhar com alguns exemplos:

- Suponha que um certo microfone gera 15mV em circuito aberto quando submetido a uma pressão de  $10\mu\text{B}$  ou 1Pa. Qual será o nível de SPL necessário para gerar a tensão suposta?

Resolução:

Utilizando o nível de referência em Bar =  $0,0002\mu\text{B}$

$$SPL = 20 \cdot \log_{10} \frac{10\mu\text{B}}{0,0002\mu\text{B}} \Rightarrow SPL \cong 93,9\text{dB SPL}$$

Agora utilizando o nível de referência em pascal (Pa) =  $20\mu\text{Pa}$  somente para fins de comprovação do resultado.

$$SPL = 20 \cdot \log_{10} \frac{1\text{Pa}}{20\mu\text{Pa}} \Rightarrow SPL \cong 93,9\text{dB SPL}$$

- Suponha agora um microfone submetido a um nível SPL de 100dB. Sabendo-se que este microfone gera 10mV para uma pressão de 1Pa ou  $10\mu\text{B}$ , qual será o nível de tensão gerado pelo microfone?

Resolução:

$$P = \sqrt[20]{10^{100}} \times 20\mu\text{Pa} \Rightarrow (10)^{\frac{100}{20}} \times 20\mu\text{Pa}$$

$$P = 2\text{Pa}$$

Agora basta aplicar uma regra de três:

$$1\text{Pa} \Rightarrow 10\text{mV}$$

$$2\text{Pa} \Rightarrow X$$

$$X = \frac{2\text{Pa} \times 10\text{mV}}{1\text{Pa}}$$

$$X = 20\text{mV}$$

<sup>8</sup> É a pressão uniforme, que exercida sobre uma superfície plana de área 1 metro quadrado, aplica perpendicularmente a esta superfície uma força total de intensidade 1 newton<sup>9</sup>.

<sup>9</sup> É a intensidade de uma força que, aplicada a um corpo que tem uma massa de 1 quilograma, lhe comunica uma aceleração de 1 metro por segundo quadrado.

Ou seja, se o microfone for submetido a um nível de pressão sonora de 100dB SPL ele produzirá um nível de tensão de 20mV.

- Se uma caixa acústica tem sensibilidade de 100dB SPL/1W/1m, qual será a relação entre esta sensibilidade se ela for submetida a uma potência de 100Watts?

Resolução:

Pelo dado de sensibilidade apresentado sabemos que com um watt aplicado a caixa nos fornece 100dB SPL, então um watt é nosso nível de referência para o cálculo. Assim:

$$10 \cdot \log_{10} \frac{100W}{1W} = 20dB$$

Somando o valor encontrado a 1 watt e a 100 Watts temos:

$$SPL \text{ a } 100watts = 100 + 20 = 120dB SPL$$

## 2.6- Nível de Potência Acústica

O Nível de Potência Acústica recebe a denominação de PWL (Nível de Potência), o qual relaciona a potência acústica irradiada pela fonte sonora e um nível de referência. O nível de referência geralmente é igual a  $10^{-12}W$  ou 1picowatt (1pW).

A equação básica para calcular o PWL é:

$$PWL = 10 \cdot \log_{10} \frac{W}{W_0} \quad (17)$$

$W_0$  é a potência de referência =  $10^{-12}W = 1pW$

Exemplos práticos:

- Suponha que um woofer qualquer tenha uma sensibilidade de 102dB/1W/1m (102dB/a um watt/a um metro), e que seu nível máximo de potência acústica é de 15W. Qual será seu nível máximo de potência acústica expressa em dB?

Resolução:

$$PWL = 10 \cdot \log_{10} \frac{15}{10^{-12}}$$

$$PWL = 131,76dB$$

- Suponha que o nível máximo de potência acústica (PWL) de um alto-falante seja de 120dB. Qual será o seu nível de potência acústica expressa em watts?

Resolução:

$$\left( \frac{P}{10^{-12}} \right)^{10} = 10^{120}$$

$$P = \sqrt[10]{10^{120}} \times 10^{-12} \Rightarrow \left(10\right)^{\frac{120}{10}} \times 10^{-12}$$

$$P = 1W$$

## 3- Utilização Prática de Decibéis

Agora que já conhecemos as principais unidades utilizadas no áudio, e que trabalhamos com exemplos de todas elas, vamos aprofundar um pouco mais esses conhecimentos adquiridos até o momento.

Existem dois princípios fundamentais que temos que ressaltar:

- O decibel representa uma relação (proporção) entre duas quantidades quaisquer, potências (acústicas ou elétricas), tensões, correntes, pressões, etc.
- O decibel está fundamentado no princípio da multiplicação, ou seja, adições sucessivas de decibéis correspondem a multiplicações sucessivas.



Vamos destacar alguns exemplos para melhor entendermos como funciona:

- Se um amplificador A produz 10 vezes o número de watts que o amplificador B, a proporção entre as potências produzidas pelos dois amplificadores será igual a 10;
- Se um amplificador gera 100W de potência na frequência de 1kHz e 20W na frequência de 20Hz a proporção entre as potências geradas nas duas frequências é igual a 5.

A idéia de proporção entre duas potências é muito útil, pois ao utilizarmos o decibel estamos multiplicando por um fator constante.

- Assim 10dB significa multiplicarmos por um fator igual a 10, ou seja, cada nível de 10dB corresponde a uma multiplicação por 10.
- Um amplificador A produz 10dB a mais de potência que o amplificador B. Isto significa que o amplificador A produz 10 vezes mais potência que o amplificador B.
- Pegando o nível de um som qualquer que chamamos de A, e que este é 20dB mais intenso que outro nível que chamamos de B, estamos querendo dizer que o som A é 100 vezes mais intenso que o som B. Veja porquê:  
20dB é o mesmo que 10dB+10dB, ou seja, a proporção é de 10x10=100 (10dB significa uma proporção de 10 vezes).

A partir desses conceitos apresentados podemos construir a tabela 1 com proporções a respeito de decibéis para níveis de potência.

**Tabela 1 – Proporções entre Potências**

dB	PROPORÇÃO	dB	PROPORÇÃO
1	1,26	10	10
2	1,58	20	100
3	2,00	30	1.000
4	2,51	40	10.000
5	3,16	50	100.000
6	3,98	60	1.000.000
7	5,01	70	10.000.000
8	6,31	80	100.000.000
9	7,94	90	1.000.000.000
10	10,00	100	10.000.000.000
		110	100.000.000.000
		120	1.000.000.000.000

Exemplos práticos:

- Vamos imaginar uma proporção entre duas potências igual a 45dB. Pela tabela 1 apresentada anteriormente podemos ver que a proporção para 5dB=3,16 e para 40dB=10.000. Lembrando que somar decibéis significa multiplicar proporções de potências, e que 45dB=40dB+5dB, obtemos: 10.000x3,16=31600. Portanto, 45dB representa uma proporção entre potências de 31600.
- Na tabela 1 apresentamos valores até 120dB, mas podemos ir além disto com valores maiores do que 120dB. Exemplo: Suponha que a proporção entre potências seja de 133dB, temos então: 120dB+10dB+3dB=133dB, as proporções são 120dB=1.000.000.000.000, 10dB=10,00 e 3dB=2,00. Multiplicando 1.000.000.000.000x10,00x2,00=20.000.000.000.000 ou  $2 \times 10^{13}$ , ou seja, representa uma proporção entre potências de 20 trilhões.
- Essas relações podem ser obtidas simplesmente aplicando-se a fórmula 1.14, achando o valor de P, não há necessidade de utilizar o valor de referência, pois estamos tratando apenas de uma proporção entre potências (quantas vezes a mais ou a menos).

$$P^{10} = 10^{133}$$

$$P = \sqrt[10]{10^{133}} \Rightarrow (10)_{10}^{133}$$

$$P \cong 20.000.000.000.000 \text{ ou } 2 \times 10^{13}$$

Concluimos assim que o decibel consegue manipular relações entre potências representadas por números muito grandes de forma bem mais simples.

Vamos agora tratar da unidade de tensão elétrica (Volt=V), pois quando trabalhamos com sinais de áudio quase sempre utilizamos esta unidade e seu sub-múltiplo mais comum, o milivolt (mV). Matemática básica para o entendimento das relações entre tensão: sabemos que a potência elétrica é o produto da tensão pela corrente, ou seja,  $P = VI$ . Quando a tensão aumenta, a corrente aumenta proporcionalmente, e se caso

duplicarmos a tensão, a corrente também é duplicada. Mas com a potência não ocorre desta forma, pois a potência varia com o quadrado da variação da tensão, ou seja, se aumentamos a tensão por um fator igual a 10, a potência será aumentada por um fator igual a 100. Quando admitimos um incremento de potência de 20dB pela tabela 1 verificamos que 20dB corresponde a uma relação entre potências de 100. A proporção relativa ao incremento de tensão será a raiz quadrada de 100, que é 10. Portanto, proporções entre tensões iguais a 10, equivalem a 20dB, e correspondem a multiplicação por 10.

Com estes conceitos de tensão apresentados conseguimos construir uma tabela para proporções em níveis de tensão elétrica, que serão apresentados na tabela 2.

**Tabela 2 – Proporção entre Tensões, Correntes e Pressão Sonora**

dB	PROPORÇÃO	dB	PROPORÇÃO
1	1,12	16	6,31
2	1,26	17	7,08
3	1,41	18	7,94
4	1,58	19	8,91
5	1,78	20	10
6	2,00	40	100
7	2,24	60	1.000
8	2,51	80	10.000
9	2,82	100	100.000
10	3,16	120	1.000.000
11	3,55	140	10.000.000
12	3,98	160	100.000.000
13	4,47	180	1.000.000.000
14	5,01	200	10.000.000.000
15	5,62	220	100.000.000.000

Exemplificando:

- Qual é a proporção entre tensões equivalente a 82dB?

Resolução:

$$82dB = 80dB + 2dB = 10.000 \times 1,26 \cong 12600$$

Pela fórmula (8) ou (10) achando o valor de V e sem utilizar referência:

$$V = \sqrt[20]{10^{82}} \Rightarrow (10)^{\frac{82}{20}} \cong 12600$$

- Qual será a proporção entre tensões equivalente a 165dB?

Resolução:

$$165dB = 160dB + 5dB = 100.000.000 \times 1,78 \cong 178.000.000$$

Pela fórmula (8) ou (10) achando o valor de V e sem utilizar referência:

$$V = \sqrt[20]{10^{165}} \Rightarrow (10)^{\frac{165}{20}} \cong 178.000.000$$

- Se a proporção entre tensões é de 110.000, qual será o valor da proporção em dB?

Resolução:

$$V_{dB} = 20 \cdot \log 110.000$$

$$V_{dB} \cong 100,82dB$$

Neste caso V é a proporção entre as tensões.

Vamos falar um pouco de SPL ou Nível de Pressão Sonora, a qual é uma das medidas mais comentadas atualmente, principalmente em competições automobilísticas. Mas como podemos utilizar de forma correta as informações de SPL? Essa é uma pergunta que todos deviam fazer a si mesmos antes de se importar tanto com o SPL, em querer cada vez mais e mais, sem considerar os prejuízos que os níveis de SPL

em excesso causam aos nossos ouvidos. Um dado muito comum em manuais de caixas acústicas, alto-falantes, etc. é a sensibilidade, normalmente apresentada em dB, com especificação de medição de 1W/1m (ou seja, 1 watt de potência a um metro de distância). Suponha que uma caixa tenha sensibilidade de 103dB – 1W/1m, qual será o nível de pressão atingido por esta mesma caixa se aplicarmos 1000W?

Resolução:

$$103dB - 1W / 1m$$

$$P = 10 \cdot \log 1000 = 10 \times 3 = 30dB \text{ (fórmula para potência } 10 \cdot \log)$$

$$SPL_{1000watts} = 103dB + 30dB = 133dB$$

A tabela 3 mostra uma relação geral entre as diversas unidades e grandezas importantes para o áudio.

**Tabela 3 – Relações Gerais**

	Unidade	Multiplicador do Log	Grandeza Referência	Referência 0 dB	Aplicação
<b>Potência Elétrica</b>	Watt	10	1mW 1W	0 dBm 0 dBW	Utilizado para calcular a potência elétrica necessária
<b>Voltagem Elétrica</b>	Volt	20	1V 0.755V	0 dBV 0 dBu	Utilizado com voltagens em circuitos abertos e estruturas de ganhos
<b>Potência Sonora</b>	Watt	10	$10^{-12}W$ ou 1pW	0 dB PWL	Utilizado para descrever níveis de potência sonora
<b>Pressão Sonora</b>	Pascal	20	0,00002Pa ou 20µPa	0 dB SPL	Utilizado para descrever níveis de pressão sonora ao quadrado

Se analisarmos o comportamento do decibel ao longo de um sistema de som, vamos conseguir entender bem melhor como funciona desde o som captado por um microfone, passando pelo sistema de processamento e amplificação, e retornando ao nosso ouvido novamente em forma de pressão sonora, só que agora entregue por um alto-falante.

A figura 2 mostra a trajetória do decibel ao longo de um sistema de som.

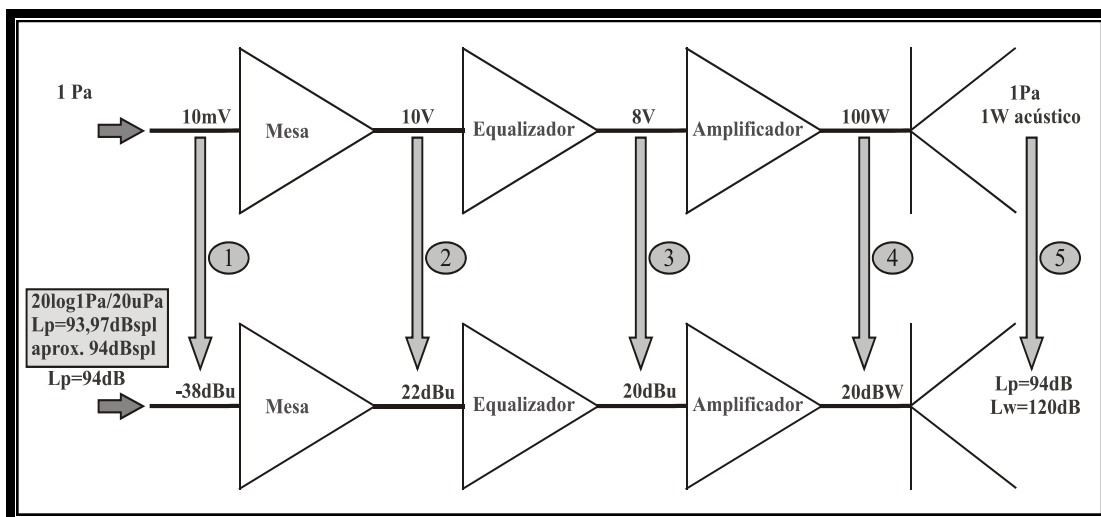


Figura 2 – dB ao Longo do Sistema de Som

$$1 \Rightarrow 20 \log \frac{10mV}{775mV} = -37,87dBu \cong -38dBu$$

$$2 \Rightarrow 20 \log \frac{10V}{775mV} = 22,21dBu \cong 22dBu$$

$$3 \Rightarrow 20 \log \frac{8V}{775mV} = 20,27dBu \cong 20dBu$$

$$4 \Rightarrow 10 \log \frac{100W}{1W} = 20dBW$$

$$5 \Rightarrow SPL \text{ ou } Lp = 20 \log \frac{1Pa}{20\mu Pa} 93,97dB_{SPL} \cong 94dB_{SPL} \Leftrightarrow PWL \text{ ou } Lw = 10 \log \frac{1W}{10^{-12}} = 120dB$$

A tabela 4 mostra uma relação em decibéis muito útil, pois ela apresenta as relações de mudança e como nossos ouvidos às percebem.

**Tabela 4 – Relações Úteis em Decibéis**

Alteração Subjetiva	Razão entre Voltagens, Distâncias, Correntes e Pressões	Razão entre Potências	Mudança em dB
<b>Quase imperceptível</b>	<b>1,12 para 1</b>	<b>1,26 para 1</b>	<b>1dB</b>
	1,26 para 1	1,58 para 1	2dB
<b>Percebido pela maioria</b>	<b>1,41 para 1</b>	<b>2 para 1</b>	<b>3dB</b>
	1,58 para 1	2,51 para 1	4dB
	1,78 para 1	3,16 para 1	5dB
<b>Alvo de atualizações de sistemas</b>	<b>2 para 1</b>	<b>4 para 1</b>	<b>6dB</b>
	2,24 para 1	5 para 1	7dB
	2,51 para 1	6,3 para 1	8dB
	2,8 para 1	8 para 1	9dB
<b>Duas vezes mais alto ou mais baixo</b>	<b>3,16 para 1</b>	<b>10 para 1</b>	<b>10dB</b>
	10 para 1	100 para 1	20dB
	31,6 para 1	1000 para 1	30dB
<b>Limite da Audibilidade</b>	<b>100 para 1</b>	<b>10.000 para 1</b>	<b>40dB</b>
	316 para 1	100.000 para 1	50dB
	1000 para 1	1.000.000 para 1	60dB

Na tabela 5 apresentamos os principais fundamentos para a utilização do decibel.

**Tabela 5 – Uso do Decibel**

Comparar	Comprimir			Potenciar	
	Valor	Potenciação	Log <sub>10</sub>	Potência(x10)	Potência(x20)
Resulta sempre na razão existente entre duas grandezas, ou seja, uma comparação.	1	10 <sup>0</sup>	0	0dB	0dB
	10	10 <sup>1</sup>	1	10dB	20dB
	100	10 <sup>2</sup>	2	20dB	40dB
	1.000	10 <sup>3</sup>	3	30dB	60dB
	10.000	10 <sup>4</sup>	4	40dB	80dB
	100.000	10 <sup>5</sup>	5	50dB	100dB
	1.000.000	10 <sup>6</sup>	6	60dB	120dB
	Resulta na razão existente entre duas grandezas expressada em Béis			Converte o valor em Béis num valor em decibéis	

#### 4 - Referências Bibliográficas

- [1] DAVIS, Don; DAVIS Carolyn. **Sound System Engineering**. 2<sup>nd</sup> ed. 3<sup>rd</sup> print. Haward W. Sams&Co, 1989.
- [2] KINSLER, Lawrence E.; FREY, Austin R.; COPPENS, Alan B.; SANDERS, James V. **Fundamentals of Acoustics**. Inc. 3<sup>rd</sup> ed. John Wiley&Sons, 1982.
- [3] BERANEK, L. L. **Noise and Vibration Control**. New York: McGraw-Hill, 1971.
- [4] GERGES, Samir N. Y. **Ruído - Fundamentos e Controle**. 2<sup>a</sup> ed. Santa Catarina: Editora NR, 2000.
- [5] GARDINI, Giacomo; LIMA, Norberto de Paula. **Dicionário de Eletrônica**. São Paulo: Editora Hemus, 1982.
- [6] NEIVA, Álvaro. **Tutorial Sobre Decibéis**. Disponível em: <<http://geocities.yahoo.com.br/alvaroneiva/tutdb.htm>>. Acesso em 10 de março de 2005.
- [7] NETTO, Luiz Ferraz. **Artigos Guitar Amp Page**. Disponível em: <<http://www.audiolink.com.br>>. Acesso em 20 de janeiro de 2005.
- [8] **Ondas, Acústica, Unidades do Sistema SI e Glossário de Física**. Disponível em: <<http://www.feiradeciencias.com.br>>. Acesso em 15 de março de 2005.