

Princípios de Telecomunicações

Unidades de medida

Prof. José Erlan Nunes Matias





Princípios de Telecomunicações – Unidades de medida¹

1. Notação científica.

No mundo científico, principalmente nas ciências exatas, é muito comum expressar os números reais em notação científica ou exponencial. Mas, o que seria notação científica? Podemos dizer que é uma ferramenta matemática com o intuito de facilitar a escrita e a comparação de números muito extensos, ou seja, seria uma forma diferente de representar os números reais.

1.1 Representação.

Logo abaixo podemos ver a forma geral da representação de uma notação científica:

$$n \cdot 10^p$$

Onde $1 \leq n < 10$ e $p \in \mathbb{Z}$

É interessante observar que n é um número menor que 10 e maior ou igual a 1, e que p é um número inteiro. Você pode se perguntar, p poderia ser 0 (zero)? A resposta é sim, porém perde um pouco a finalidade usarmos o zero nesta situação, uma vez que a potência resultaria em 1, deixando a representação científica comprometida.

Exemplos:

$$0,00783 = 7,83 \cdot 10^{-3}$$

$$256000 = 2,56 \cdot 10^5$$

2. A unidade de medida Decibel.

Conhecemos algumas unidades de medida importantes como metro (m), grama (g), litro (l) etc.. Todas fazem parte do Sistema Internacional de Unidades (SI). No mundo das Telecomunicações existe uma unidade muito importante, mesmo não fazendo parte do SI. Estamos falando do *Bel*, relação matemática que recebeu esse nome em homenagem ao Graham Bell, criador da unidade de medida, porém essa medida era chamada inicialmente por unidade de transmissão (TU). Mas o que seria o Bel?

¹ José Eralan Nunes Matias é graduado em Licenciatura em Matemática – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul.




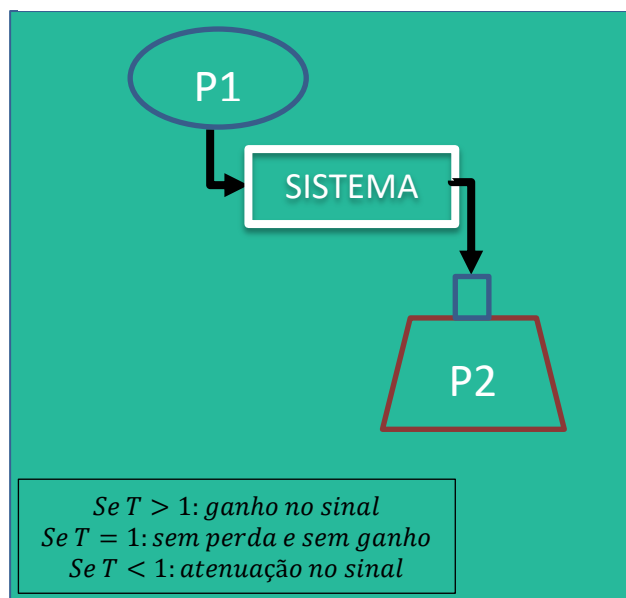
Para compreender o Bel, bem como o Decibel, é muito importante revisar alguns conceitos e propriedades dos logaritmos, dê uma pausa na leitura e aproveite para relembrar o assunto. 

Figura 1: Potência de saída em um sistema.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 2: Bel e Logaritmos.

$$T = \frac{P2}{P1}$$

Usando o logaritmo na base 10 ficaria assim:

$$T(B) = \log\left(\frac{P2}{P1}\right)$$

Fonte: Elaborado pelo autor.

O Bel.

O Bel (B) é uma razão entre duas grandezas. Para explicar de uma maneira fácil, vamos usar como exemplo um sistema de transmissão, onde na sua entrada tem uma potência (P1) e na saída uma potência (P2) – Figura 1. Essa razão ficaria expressa assim:

$$T = \frac{P2}{P1}$$

No ramo da eletrônica e de telecomunicações é comum aferir grandes valores de potências. Para resolver esse problema usa-se o logaritmo para representar tais relações.

Exemplo:

Uma relação (P2 / P1) de potência de 100 kW (100.000 W) pode ser expressa por 5 Bels, valor bem menor.

2. A razão Decibel.

Sabemos o que significa a medida bel, e conseguimos entender o objetivo dos logaritmos, porém para ficar mais adequado ao mundo das telecomunicações vamos utilizar o Decibel (dB) – um décimo do Bel.



$$\frac{1B}{10} = dB \rightarrow 10dB = 1B$$

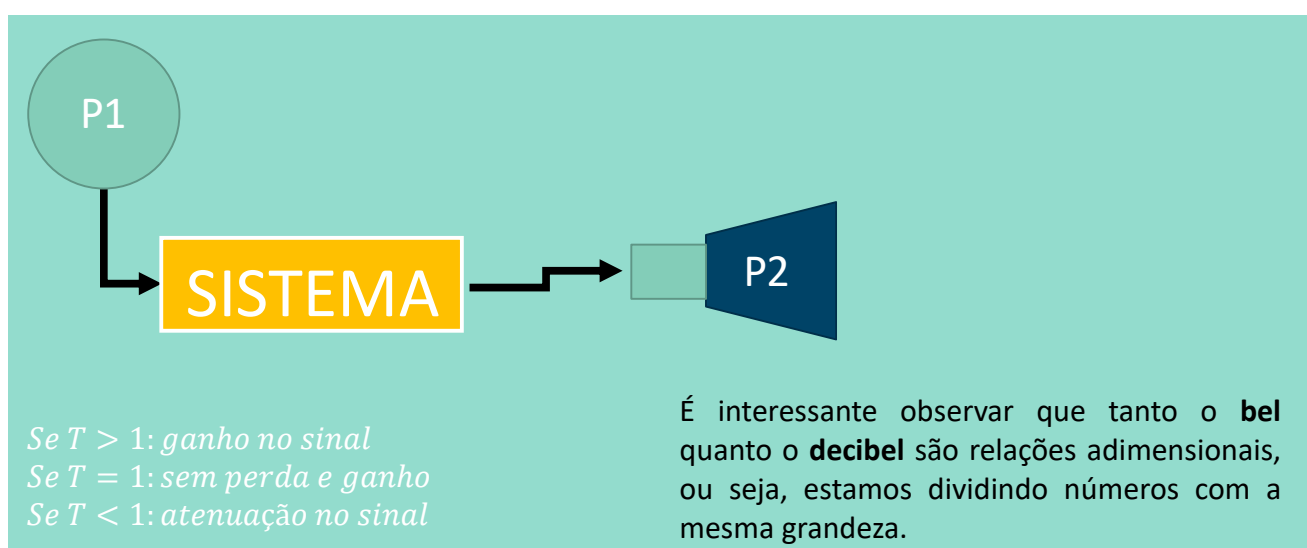


Observe como podemos escrever a razão decibel:

$$T(dB) = 10 \log\left(\frac{P_2}{P_1}\right)$$

Ou seja, no exemplo da página anterior, a relação de potência de 100 kW seria equivalente a 50 dB.

Figura 3: Potência de entrada e saída.



Fonte: Elaborado pelo autor.

3. dB e a razão P_2/P_1 .

Na Tabela 1 podemos observar algumas relações importantes. Na primeira linha está o que ocorreu no exemplo anterior. Uma relação interessante que fica fácil entender seria em P_2/P_1 igual 1, pois não existe nem ganho nem perda de sinal, para essa relação escrevemos 0 dB. Quando a relação (razão) entre P_2 e P_1 é menor que 1, o sistema está atenuando o sinal, fator que pode ser sinalizado com o sinal negativo. Exemplo $P_2/P_1 = 0,5$, então podemos representar por - 3 dB.

Tabela 1: Relação entre o decibel e a razão P_2/P_1 .

P_2/P_1	1.000.000	100	10	4	2	1	0,5	0,000001
T(dB)	60	20	10	6	3	0	- 3	- 60

Fonte: Elaborado pelo autor



Como vimos na tabela anterior, quando o sinal é atenuado em 2x (metade do valor original) podemos representar essa atenuação como - 3 dB. Um dos motivos no uso desta unidade de medida está na sensibilidade do nosso sistema auditivo que por incrível que pareça está bem próximo da escala logarítmica. No link disponibilizado, logo abaixo, você poderá escutar através de três demonstrações essa relação sonora.



- Na primeira podemos escutar um sinal sendo atenuado pela metade (3 dB) em cada faixa – É bem nítida essa atenuação.
- Na segunda representação temos uma atenuação mais branda (1 dB), porém ainda fica fácil percebê-la.
- Na terceira a atenuação é um fator menor que 1 dB, ou seja, mais próxima de uma representação linear, ficando difícil perceber a diferença entre as atenuações.



Link da demonstração do áudio:

<http://www.animations.physics.unsw.edu.au/jw/dB.htm>

4. As variantes de dB.

Utilizando um pouco da modelagem matemática e as grandezas elétricas que os sinais eletromagnéticos possuem, podemos aferir através de equipamentos eletrônicos alguns valores importantes usados nas telecomunicações. Para ser possível essa medição usaremos a grandeza elétrica que representa a intensidade desses sinais.

dBm

Em dBm temos como referência de entrada uma potência de 1 mW, por isso o sufixo m depois dB.

Exemplo: calcule o ganho (em dBm) de um sistema que apresenta uma potência elétrica de 10 W.

$$\text{Solução: } G_{dBm} = 10 \log \frac{P}{10^{-3}W} \rightarrow G_{dBm} = 10 \log 10 \cdot 10^3 = \mathbf{40 \text{ dB}}$$

dBV

Aqui temos como referência a amplitude de tensão do sinal que será medido, porém como o valor de referência é de 1 V (um volt), o modelo matemático que utilizamos para calcular seria:

$$T(dBV) = 20 \log \left(\frac{P_2}{P_1} \right)$$

P1 é o valor de referência.



dBu

Também faz referência à amplitude de tensão do sinal a ser medido, porém como este sinal é muito relativo, o valor de 0 dBu equivale a uma tensão de 0,775 v. A fórmula é a mesma utilizada em dBV.



dBW

Aqui estamos comparando a potência em watts do sinal a ser medido com o valor de tensão de referência igual a 1 watt.



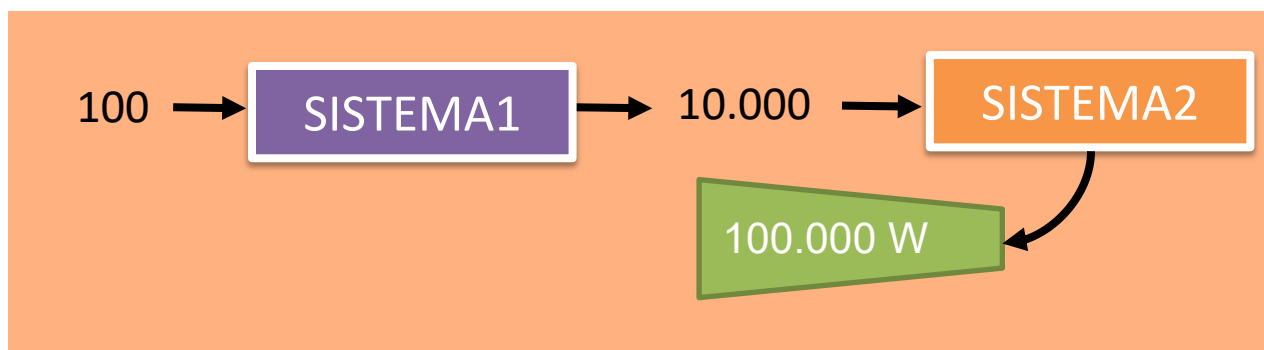
Outras variantes do dB:

<http://www.qsl.net/py4zbz/teoria/odb.htm>

5. Facilidades do dB.

Um detalhe muito importante sobre o decibel é a facilidade nas operações envolvendo sistemas onde existem ganhos e perdas de potências. Observe:

Figura 4: Potência amplificada.

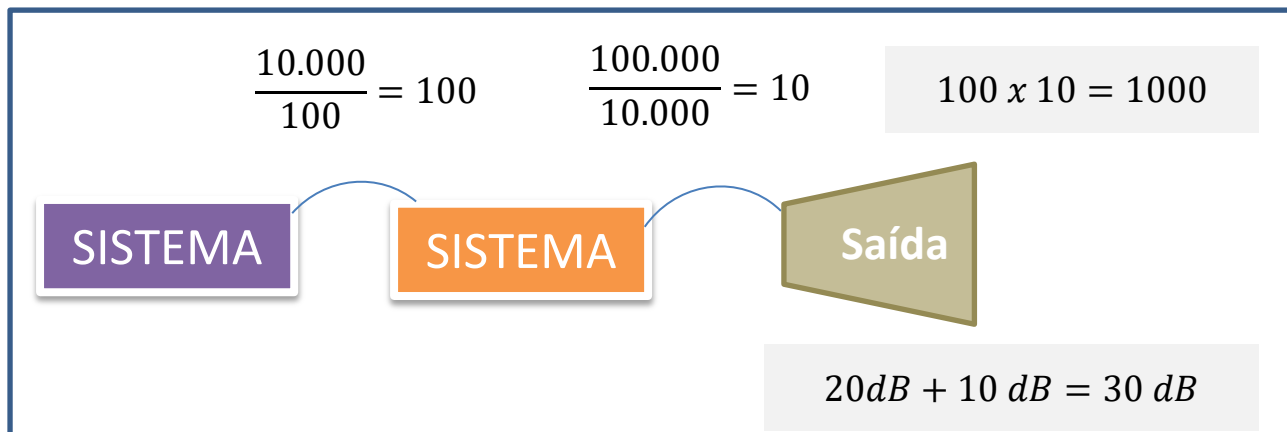


Fonte: Elaborado pelo autor

Levando em consideração o sistema completo do exemplo, pode-se observar que a potência de entrada foi amplificada em 1000x. Se esses valores tivessem representados em dB poderíamos apenas somar as expressões em cada sistema. Veja:



Figura 5: Facilidades do dB.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Observe que transformamos produto em soma quando estamos diante de valores expressos em decibéis. Essa facilidade é explicada através das propriedades dos logaritmos.

Tabela 2: Sistema auditivo x Pressão sonora.

VOCÊ SABIA?

Nosso sistema auditivo começa a sentir muita dor, podendo causar danos irreversíveis, quando a pressão sonora chega na casa dos 120 dB.

Observe a Tabela 2, que tem algumas informações sobre a intensidade sonora em algumas situações.

Situação	Pressão (dB)	Tempo máximo de exposição diária
Avião a jato a 30 m	130	Surdez instantânea
Britadeira a 2 metros	120	1 minuto
Rebitadora a 10 metros	100	1 hora
Trânsito de rua movimentada a 2m	80	8 horas
Escritório típico com ar condicionado	50	-

Fonte: <https://www.abelard.org/hear/hear.php>



Referências bibliográficas.

CAMPOS, A. S. Telefonia digital: voz digital. In: *Telefonia Digital: A Convergência de Voz em Dados*. Disponível em: <http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialconvdados/pagina_3.asp>. Acesso em: 28 mar. 2018.

FERNANDES, T. G.; PANAZIO, A. N. Do analógico ao digital: amostragem, quantização e codificação. In: II SIMPÓSIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC, 2009, Santo André, SP. *Anais eletrônicos...* Santo André: UFABC, 2009. Disponível em: <http://ic.ufabc.edu.br/II_SIC_UFABC/resumos/paper_5_74.pdf>. Acesso em: 02 abr. 2018.

MATIAS, J. E. N. Disciplina: Sistemas de Telefonia. Unidade didática: Sistemas de telefonia. *Notas de aula do curso de Operador de Tecnologia da Informação e Comunicações da Escola de Comunicações*, 2018. 47 f. Digitalizado.

MEDEIROS, J. C. O. *Princípios de telecomunicações: teoria e prática*. 3. ed. São Paulo: Érica, 2010.

MOECKE, M. Noções de Espectro de Frequência. *Apostila do curso de Telecomunicações do Instituto Federal de Santa Catarina, IFSC*, 2006. Disponível em: <<http://www.sj.ifsc.edu.br/~saul/principios%20de%20sistemas%20de%20telecomunicacoes/Nooes%20de%20Espectro%20de%20Frequencias.pdf>>. Acesso em: 28 mar. 2018.

SILVEIRA, J. F. PORTO. *Matemática Elementar – O decibel, ou melhor: os decibéis*. UFRGS. Disponível em: <<http://www.mat.ufrgs.br/~portosil/passa1e.html>>. Acesso em: 20 mar. 2018.



O texto *Princípios de Telecomunicações – Unidades de medida* de José Erlan Nunes Matias está licenciado com uma [Creative Commons - Atribuição-Compartilhagual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/). Para saber mais sobre os tipos de licença, visite <http://creativecommons.org.br/as-licencas>

Este material tem por finalidade mostrar um pouco as unidades de medida utilizadas nas telecomunicações. Esta é a primeira parte do curso *Princípios de Telecomunicações*.

Caso tenha alguma dúvida ou sugestão, por favor, acesse a plataforma e converse com o professor. Obrigado!



<http://poca.ufscar.br/>

