



INTRODUÇÃO AOS PROCESSOS DE
GRAVAÇÃO E AMPLIFICAÇÃO SONORA

NOÇÕES DE ACÚSTICA E PSICOACÚSTICA

(versão 2014)

MARCOS FILHO

ACÚSTICA

Sub-área da física que estuda os sons, sua geração e interação desse fenômeno ondulatório com o ambiente.

PSICOACÚSTICA

Sub-área da psico-física, fundada por Helmholtz, que estuda a relação entre som, audição e psicologia. A psico-acústica estuda a forma como os sons são percebidos pelo homem.

ONDA
FREQUÊNCIA
AMPLITUDE
DECIBEL
REVERBERAÇÃO
RESSONÂNCIA
ECO
OUVIDO
TIMBRE

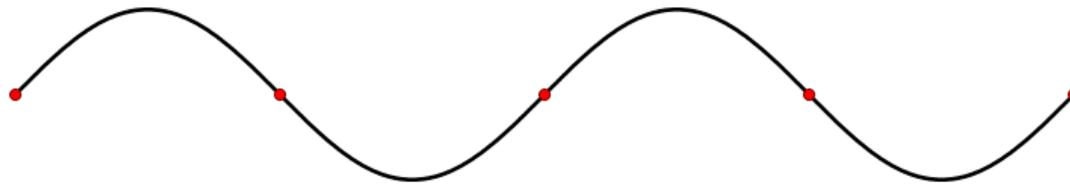
ONDA

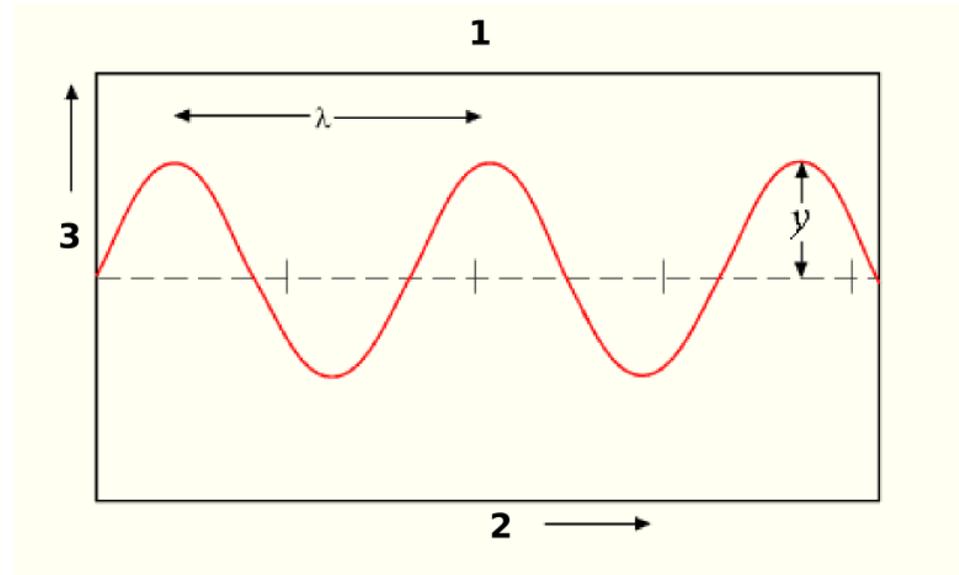
A onda é uma perturbação oscilante, abalo, distúrbio ou pulso energético que se propaga através do espaço ou através de um meio gasoso, líquido ou sólido.

As **ondas sonoras** são definidas pela física como sendo ondas mecânicas, pois somente se propagam através de um meio material. Diferentemente das ondas eletromagnéticas (como, por exemplo, a luz), as ondas sonoras não podem se propagar no vácuo.

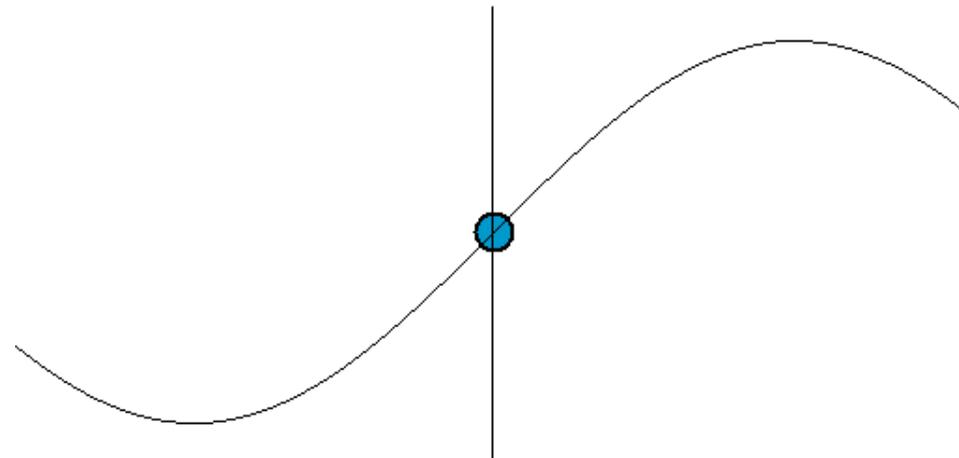
ONDA – cont.

As ondas sonoras são consideradas ondas de pressão, ou seja, ondas que se propagam a partir de variações de pressão de um meio. Por exemplo, quando um músico bate em um tambor musical, a vibração da membrana produz alternadamente compressões e rarefações do ar, ou seja, produz variações de pressão que se propagam através do meio, no caso, o ar.

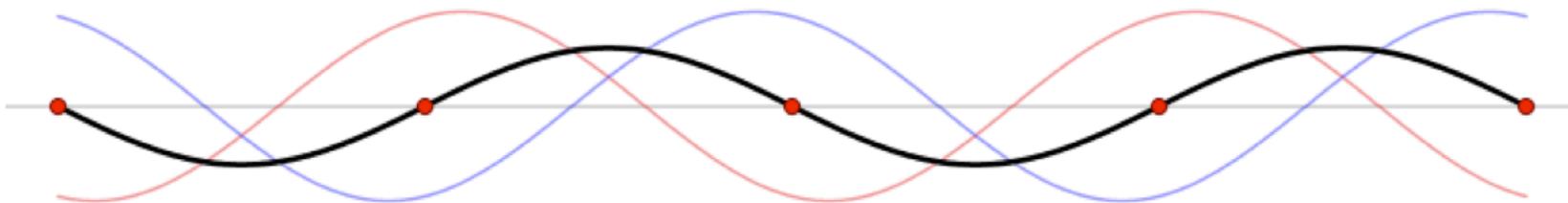




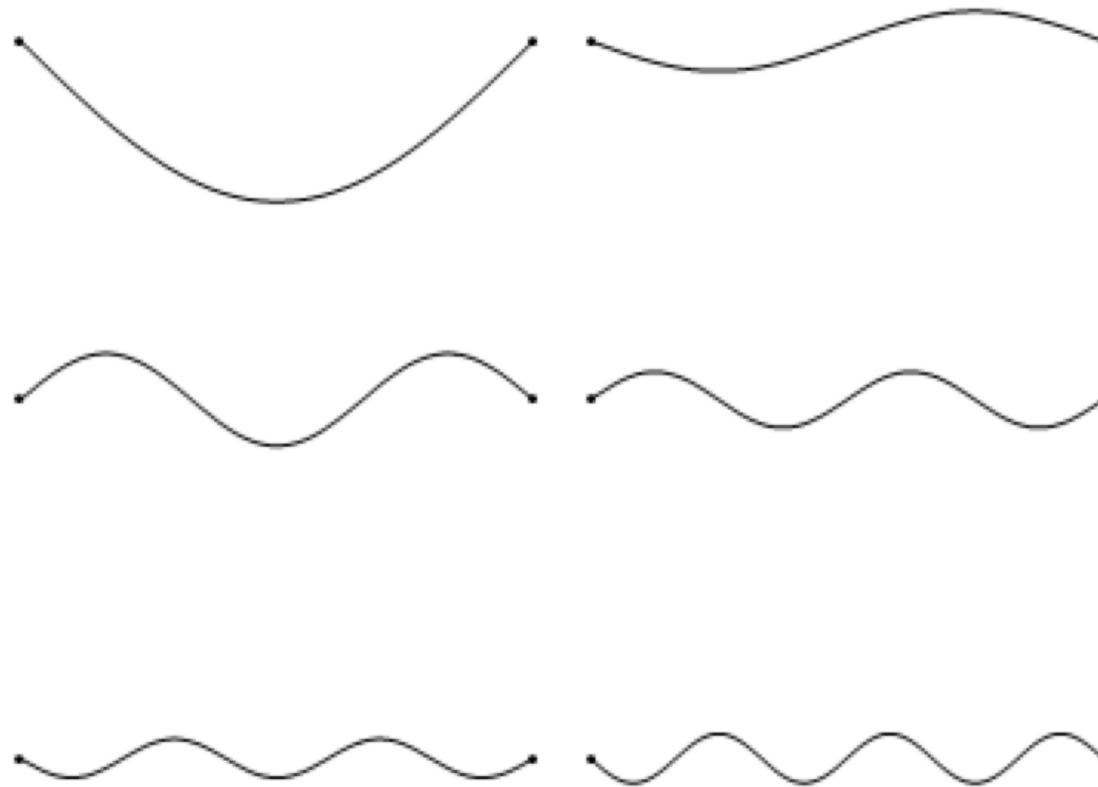
- 1 = Elementos de uma onda
- 2 = Distância
- 3 = Deslocamento
- λ = Comprimento de onda
- γ = Amplitude



Movimento harmônico simples



Onda estacionária



Corda vibrando na frequência fundamental e no 2o., 3o., 4o., 5o. e 6o. harmônicos.

FREQUÊNCIA [Hz]

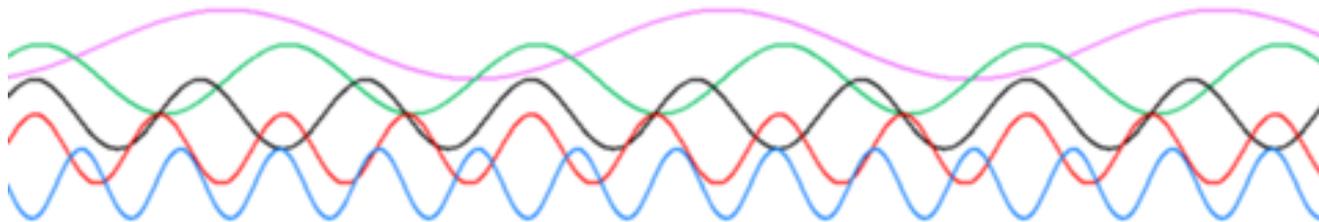
É uma grandeza física ondulatória que indica o número de ocorrências de um evento (ciclos, voltas, oscilações, etc.) em um determinado intervalo de tempo. As contagens por unidade de tempo são medidas em hertz (Hz). 20 Hz, portanto, significa que o evento se repete vinte vezes por segundo.

Dependendo da fonte emitente, as ondas sonoras podem apresentar qualquer frequência, desde poucos hertz (como as ondas produzidas por abalos sísmicos), até valores extremamente elevados (comparáveis às frequências da luz visível).

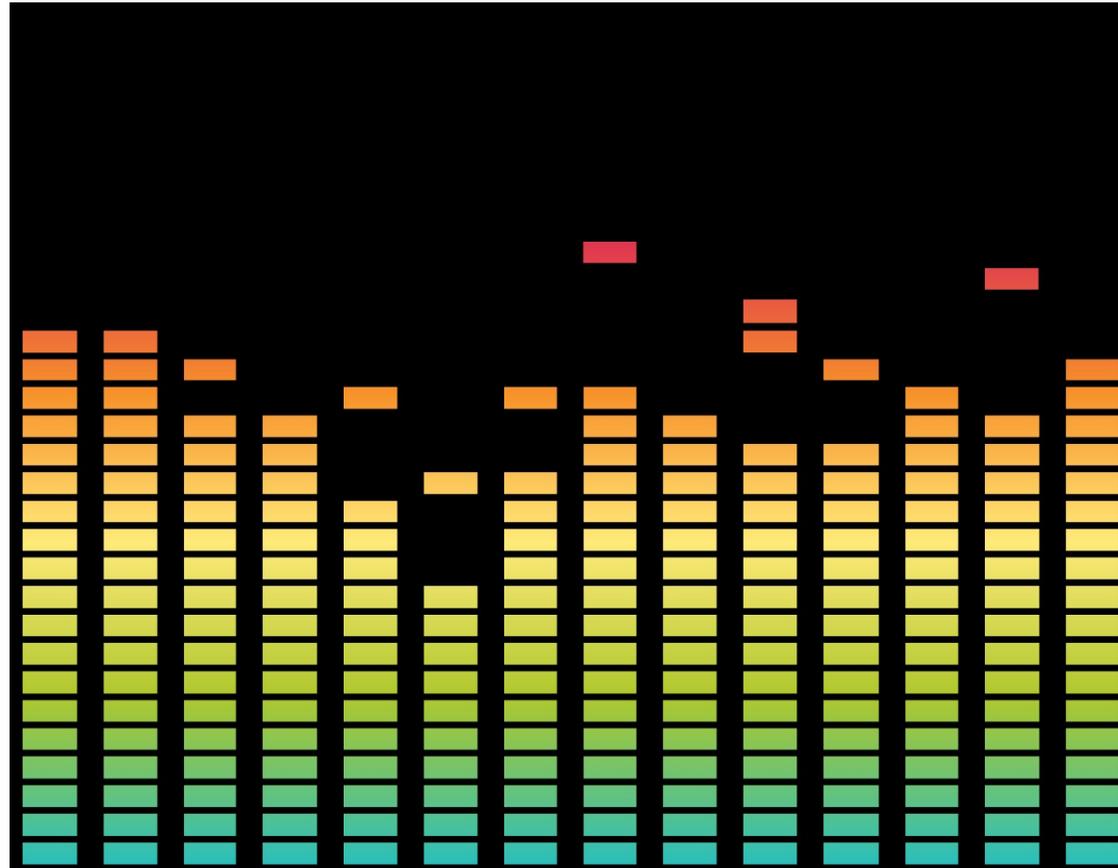
FREQUÊNCIA – cont.

Os seres humanos, só conseguem ouvir ondas sonoras cujas frequências estejam compreendidas entre 20 Hz e 20.000 Hz.

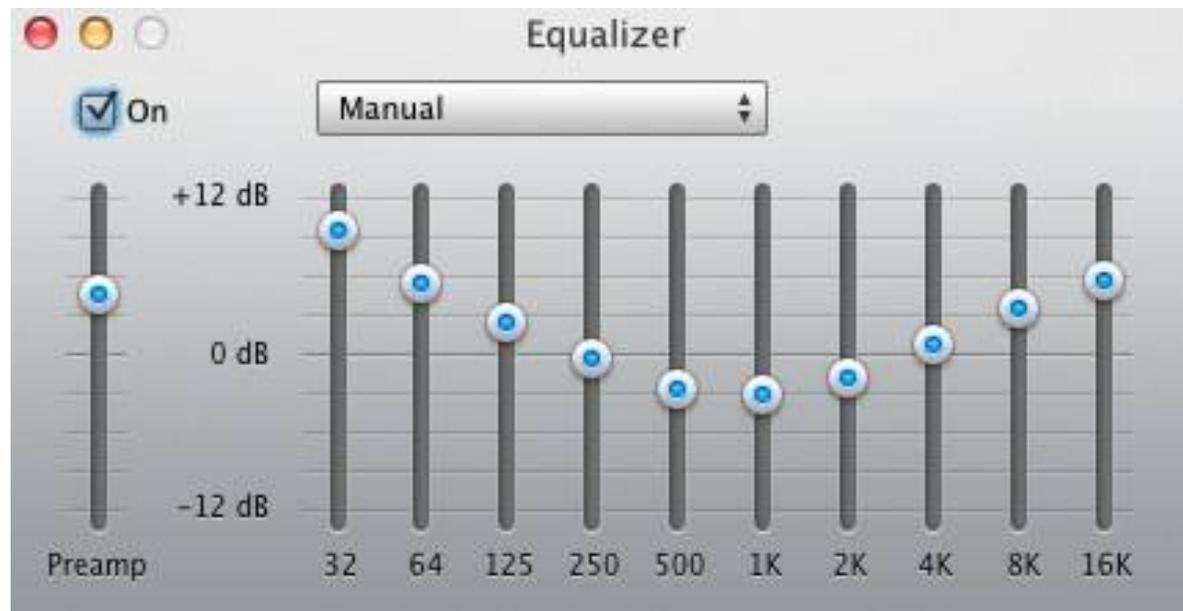
Ondas sonoras que possuem frequência abaixo de 20 Hz são denominadas **infrassons** e as ondas que possuem frequência superior a 20.000 Hz são denominadas **ultrassons**.

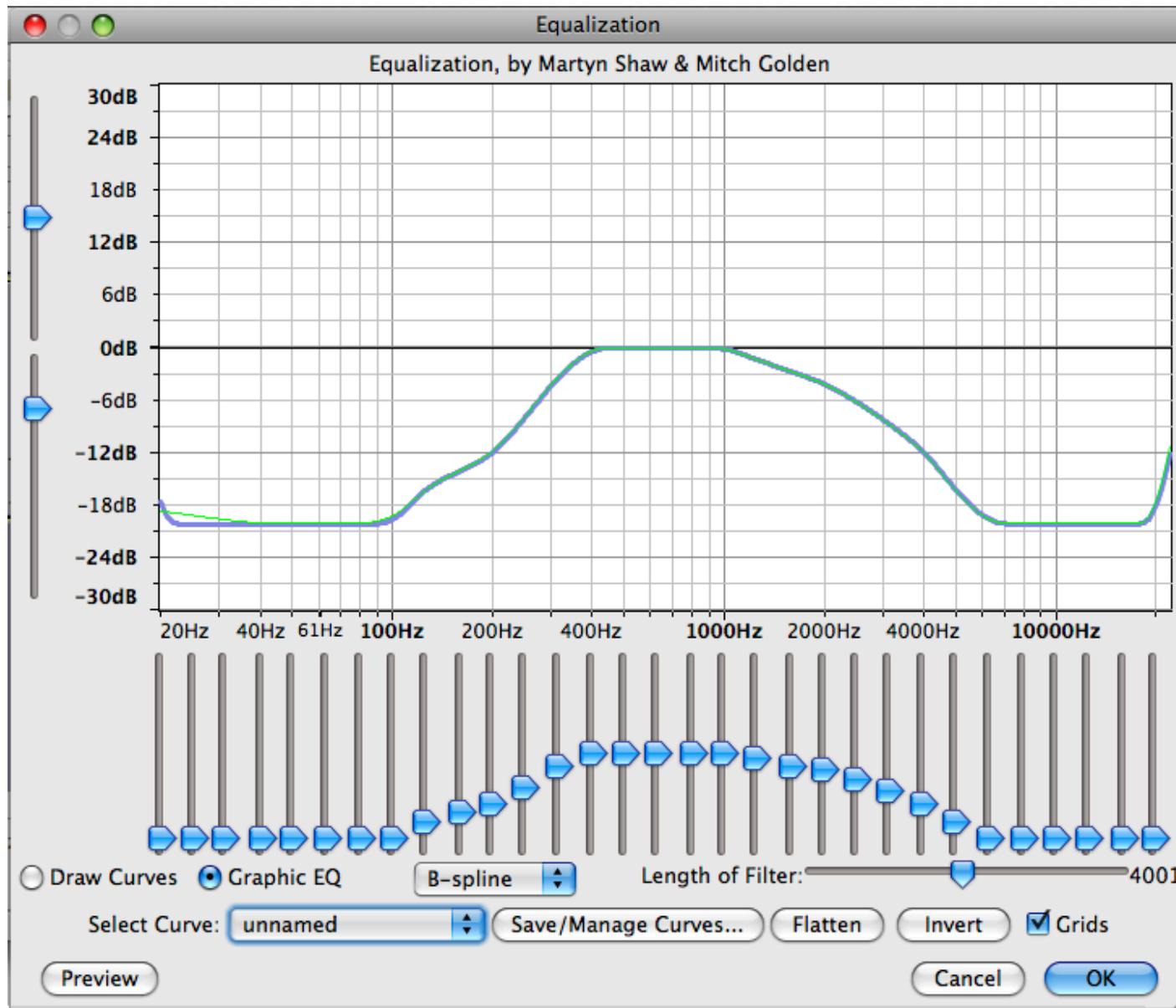


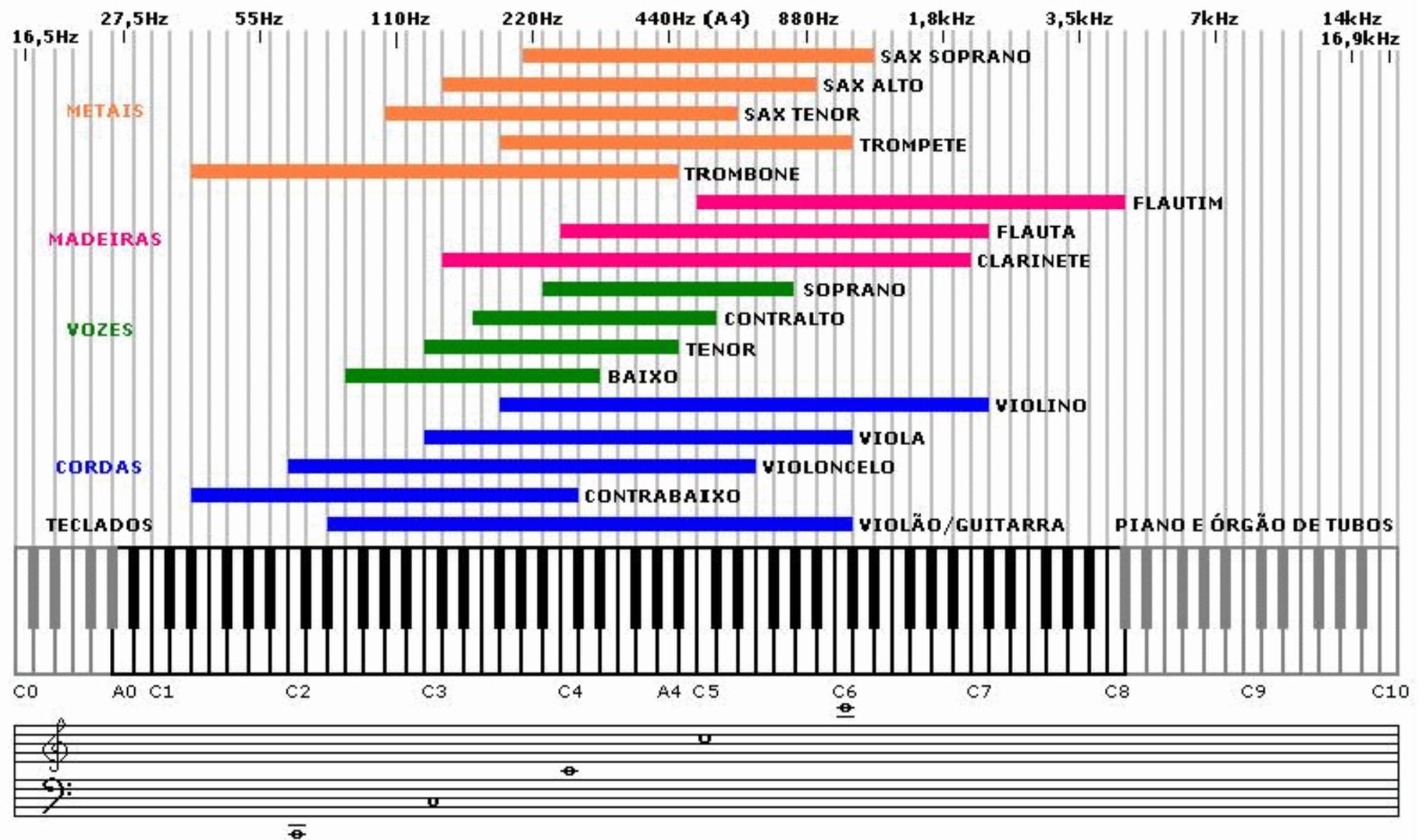
FREQUÊNCIA – cont.



FREQUÊNCIA – cont.



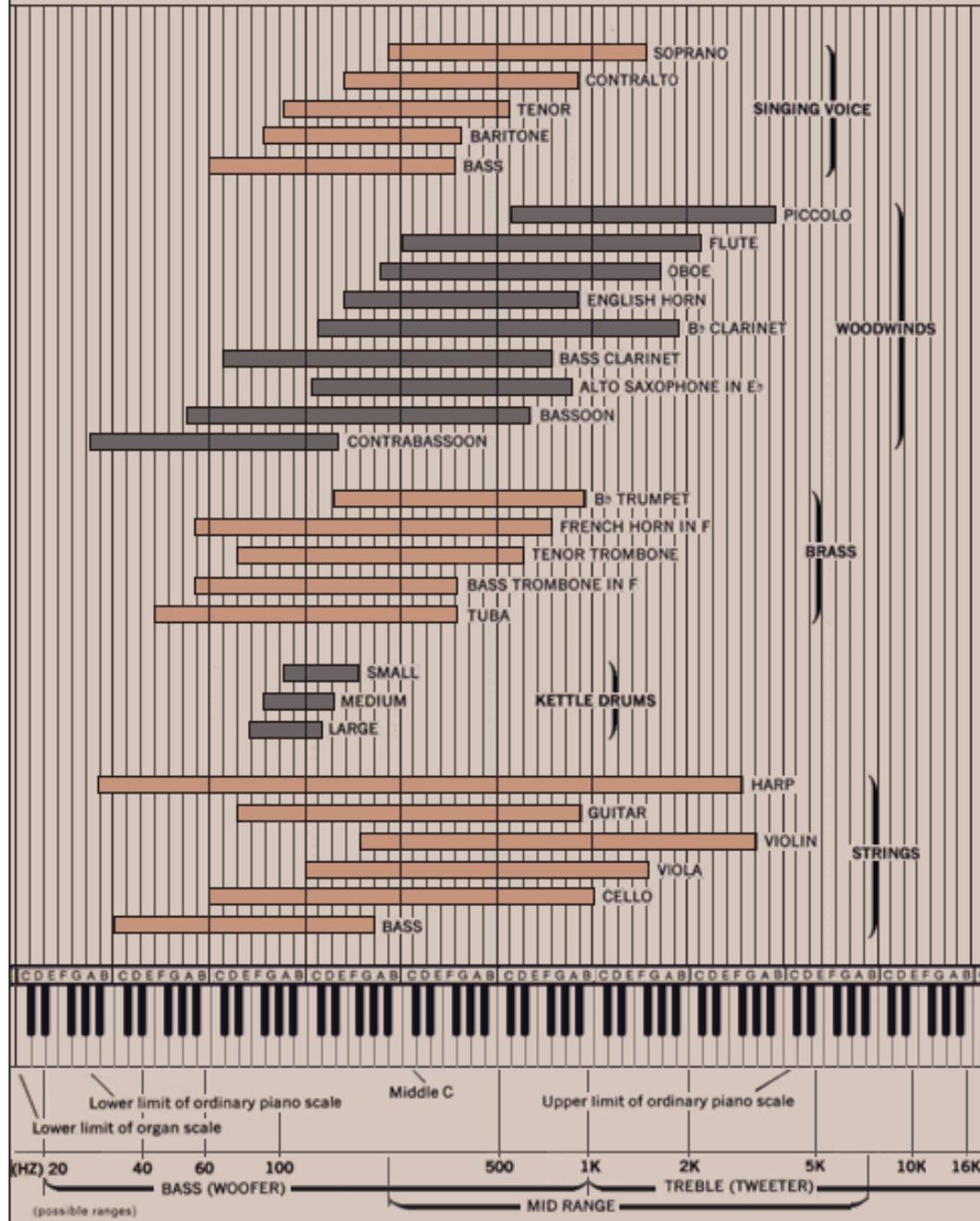


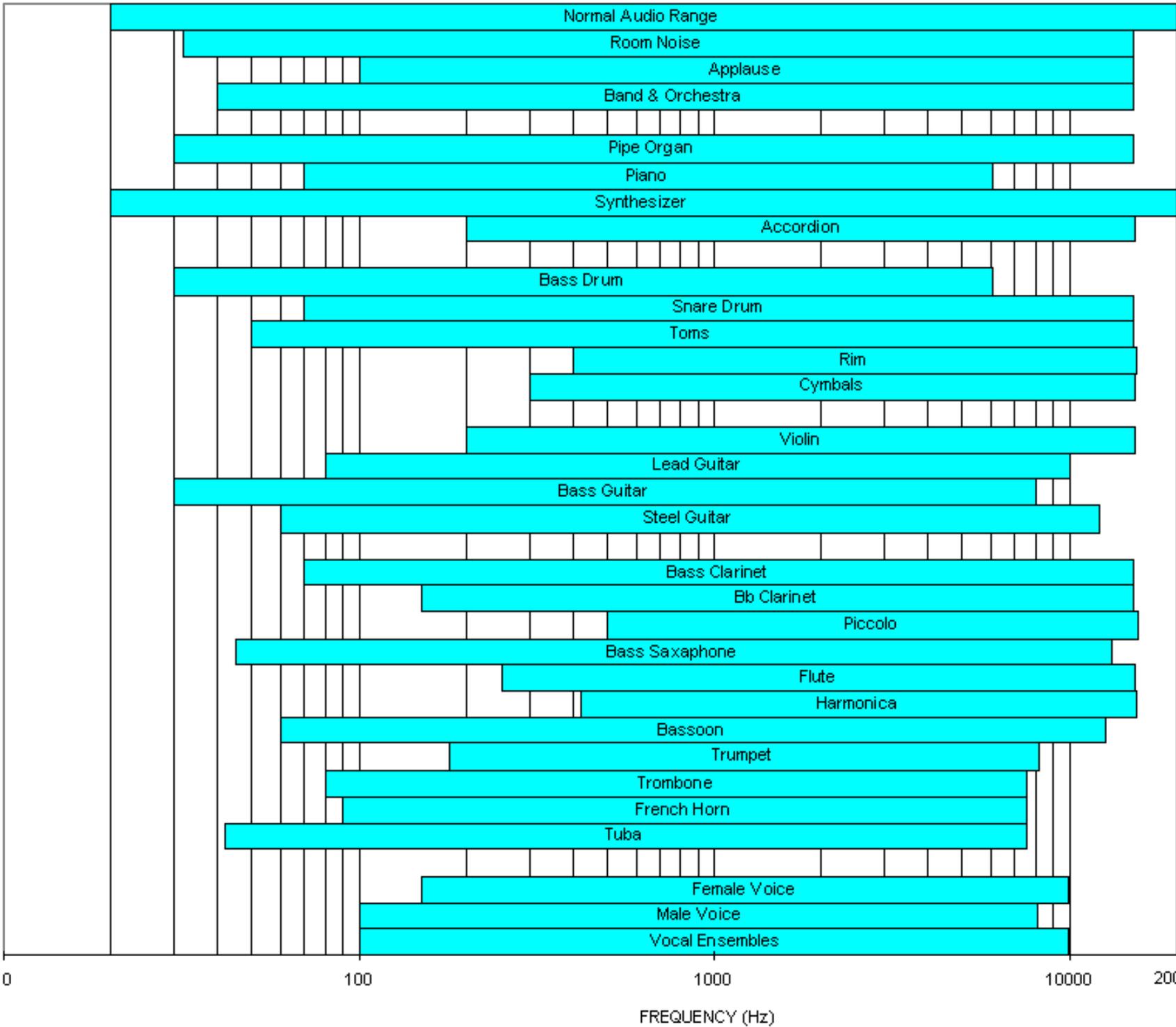


THE FREQUENCIES OF MUSIC

(Ranges of the fundamental frequencies of instruments and voices)

The harmonic frequencies generated by instruments and voices below those of the fundamental frequencies shown. The A above middle C is usually set at the standard tuning pitch of 440 Hz.





10

100

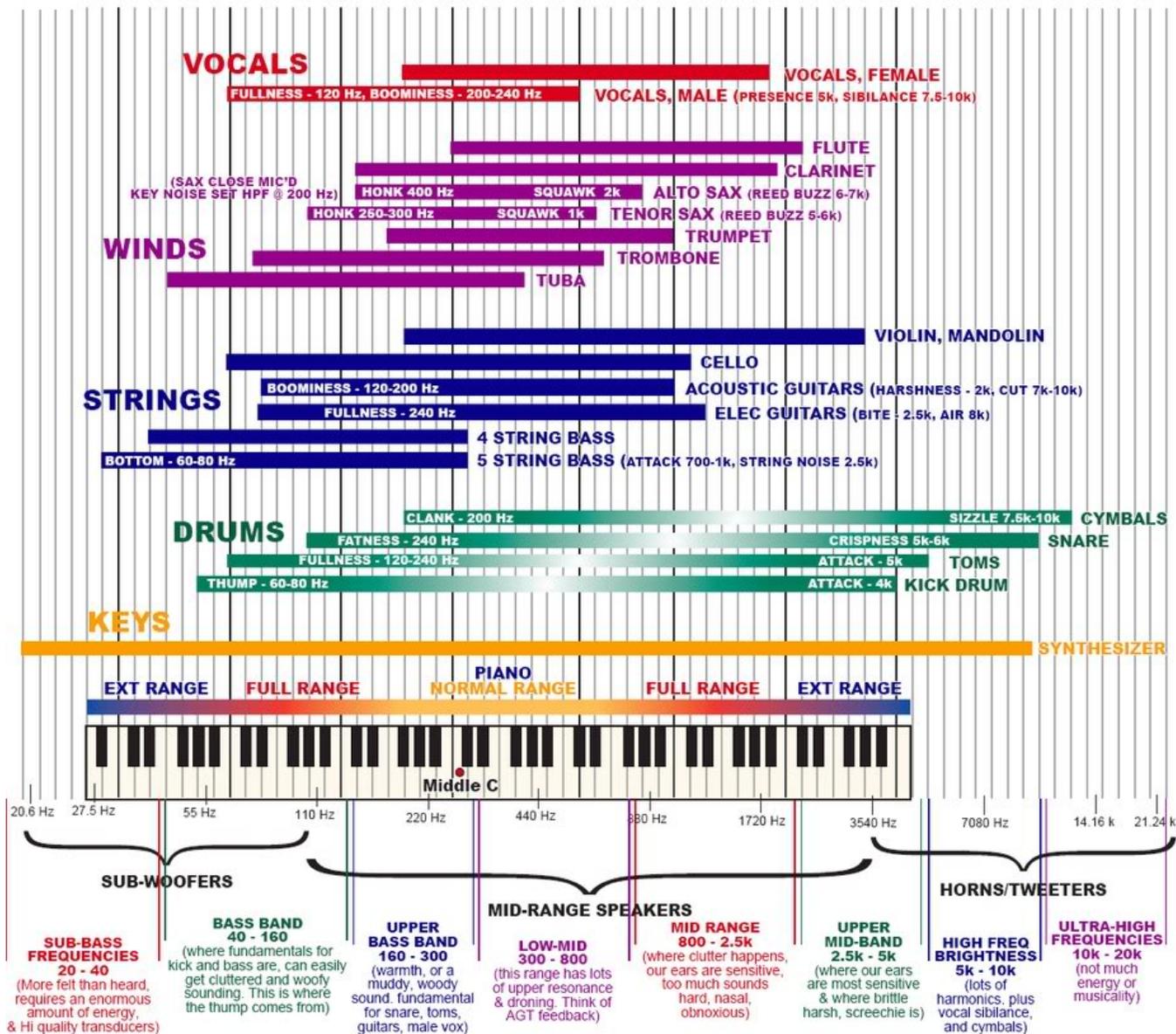
1000

10000

20000

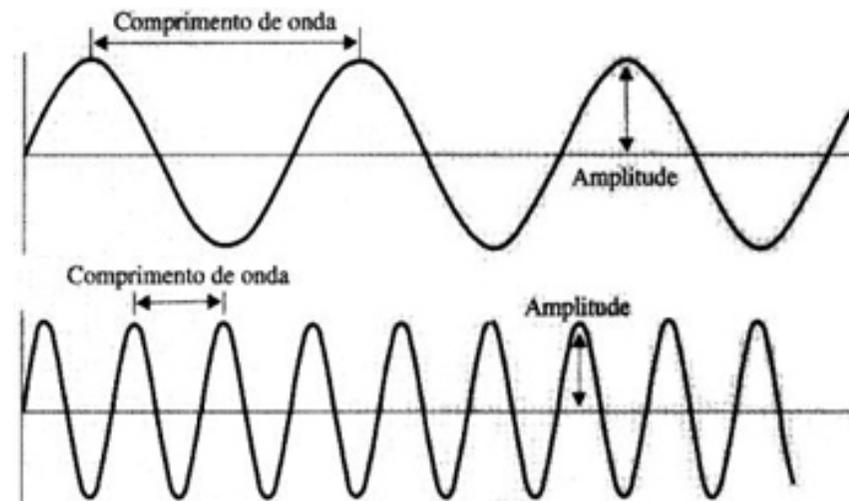
FREQUENCY (Hz)

THE FREQUENCY SPECTRUM, INSTRUMENT RANGES, AND EQ TIPS



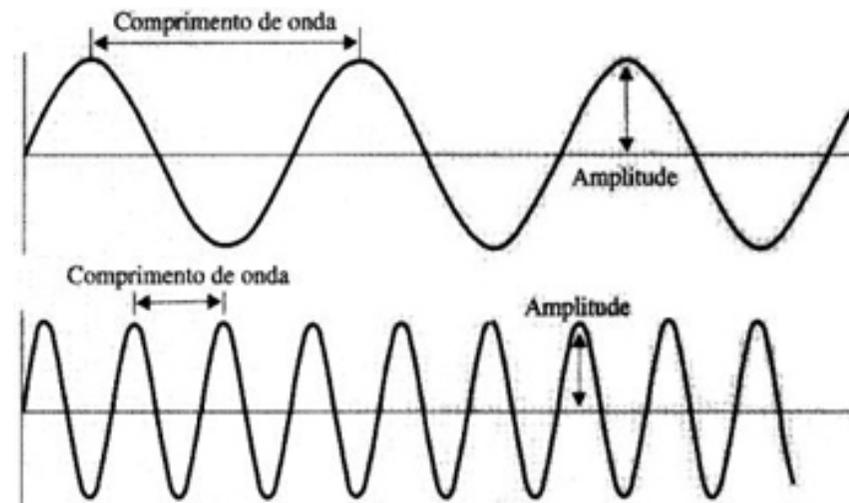
AMPLITUDE

É uma medida escalar negativa e positiva da magnitude de oscilação de uma onda. A amplitude de ondas sonoras e sinais de som costumam ser expressas em decibéis.



AMPLITUDE – cont.

“Intensidade” refere-se à percepção da amplitude da onda sonora. Outros termos semelhantes também utilizados são “volume” e nível de pressão sonora (SPL).



DECIBÉIS [dB]

É uma unidade escalar logarítmica usada para indicar a quantidade de energia física de um determinado sinal de referência.

O som é uma oscilação na pressão do ar (ou de outro meio elástico) capaz de ser percebida pelo ouvido humano. O número de oscilações da pressão do ar por unidade de tempo definem sua frequência, enquanto que a magnitude da pressão média define a potência e a intensidade sonora.

Por se tratar de uma medida logarítmica o dobro do sinal não será representado pelo dobro do valor inicial de referência.

DECIBÉIS – cont.

Decolagem de um jato (a 60 m de distância)	120 dB	
Construção	110 dB	intolerável
Grito (a 1,5 m de distância)	100 dB	
Caminhão pesado (a 15 m de distância)	90 dB	muito barulhento
Centro urbano	80 dB	
Interiro de um automóvel	70 dB	Barulhento
Conversaão normal (a 1 m de distância)	60 dB	
Escritório / Sala de aula	50 dB	Moderado
Sala de estar	40 dB	
Quarto de dormir à noite	30 dB	Silencioso
Estúdio de gravação	20 dB	
Movimento de folhas nas árvores	10 dB	quase inaudível

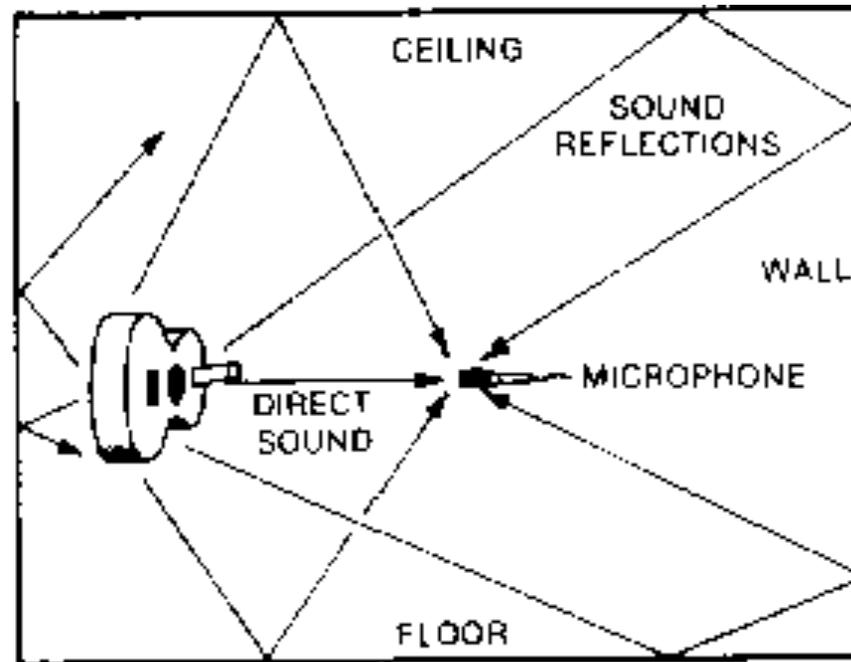


REVERBERAÇÃO E ECO

O **eco** e a **reverberação** são dois efeitos sonoros causados pela reflexão do som. Sendo assim, podemos dizer que **eco** é o som refletido que é percebido com intervalo de tempo suficiente para ser distinguido do som original.

Quando o intervalo de tempo não é suficiente para se distinguir o som refletido do original, temos o efeito de **reverberação**.

REVERBERAÇÃO E ECO – cont.



REVERBERAÇÃO E ECO – cont.

- Reverberação
 - série de reflexões muito densas percebidas como um contínuo decaimento no tempo, “prolongando” o som direto (múltiplos ecos)
 - dão a sensação de ambiente e de localização, senão seria “seco” e “muito perto”
 - aumentam em número quando decaem
 - tempo de reverb. = queda de 60dB (ton de 500 Hz)

REVERBERAÇÃO E ECO – cont.

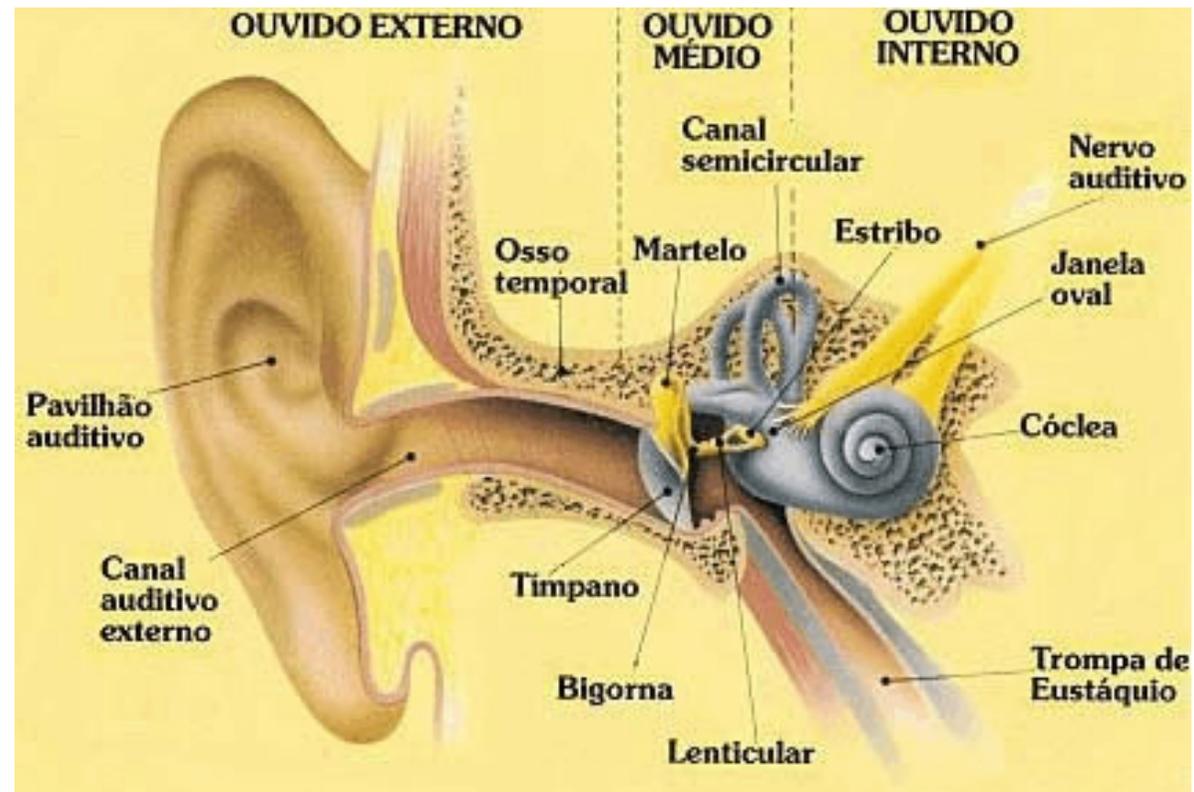
- Som direto e som indireto (reflexões)
 - Direto: viaja diretamente da fonte ao receptor
 - Indireto: é refletido/absorvido nas paredes, teto, chão, etc.
 - Grande parte do som é indireto mas ele é mais fraco
- Pode ser usado artisticamente para criar ambiência
 - Filmes, tv, jogos, mixagem em estúdio, etc.

RESSONÂNCIA

- reforço de certas frequências (em geral abaixo de 300Hz), chamadas modos da sala
- isto deve-se às ondas estacionárias: ondas que continuamente se reforçam ao refletirem nas paredes
- Depende da dimensão da sala

- descaracteriza o timbre e altera o som em geral, reforçando frequências particulares

OUVIDO



OUVIDO – cont.

Ouvido externo: coleta o som. Suas dobras ajudam na direcionalidade.

Canal: tem frequência de ressonância em torno de 3kHz. Ajuda na percepção da voz.

Ossículos: transformam a energia acústica em energia mecânica. Alcançam a máxima excursão por volta de 120 dB SPL. Casadores de impedância para maximizar a transferência dos sons do ar para o ouvido interno cheio de líquido.

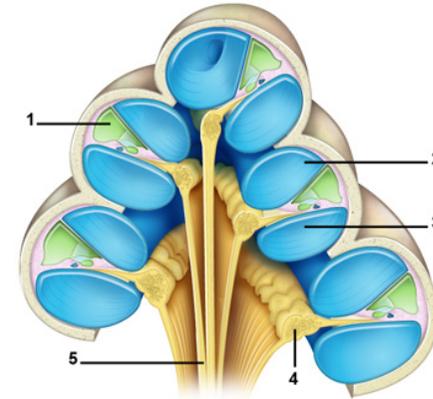
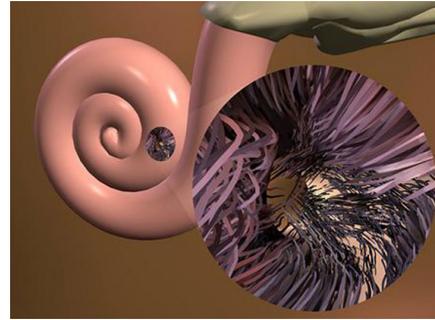
OUVIDO – cont.

Canais vestibulares: não influenciam na audição, mas são importantes no equilíbrio.

Membrana basilar: detecta a amplitude e frequência dos sons, convertendo-os em impulsos elétricos.

OUVIDO – cont.

A cóclea:



Preenchida por um fluido, e sua superfície interna tem cerca de 20.000 células nervosas em forma de cabelos em uma membrana, chamada de membrana basilar.

Estas células nervosas possuem comprimentos diferentes, por diferenças minúsculas, e também possuem diferentes graus de elasticidade.

À medida que uma onda de compressão se move através do líquido da cóclea, as células nervosas entram em movimento.

OUVIDO – cont.



1) A vibração sonora é captada pela orelha externa (pavilhão auditivo e canal externo do ouvido) atingindo a membrana do tímpano. Essas vibrações transferem-se para a membrana timpânica. [*Ouvido externo*]

2) A membrana do tímpano encontra-se fixada em um ossículo chamado martelo. O martelo está articulado em um outro ossículo chamado bigorna que, por sua vez, articula-se no estribo. Este conjunto de três pequenos ossos se movimentam com a vibração da membrana do tímpano amplificando esta vibração. [*Ouvido médio*]

OUVIDO – cont.



3) O estímulo ampliado pelos três ossículos é conduzido à membrana que cobre a janela oval que por sua vez conduz a ampliação da energia para o canal da cóclea. [*Ouvido médio*]

4) O canal da cóclea é cheio de um líquido e tem a forma em espiral como de um “caracol”. Com a vibração da cadeia de ossinhos que consequentemente faz vibrar a membrana da cóclea, este líquido se movimenta dentro do espiral. O interior do espiral é revestido por células que tem pêlos semelhantes a cílios que se movimentam com a vibração do líquido da cóclea. Cada região desses cílios identifica frequências diferentes.

OUVIDO – cont.



5) Quando os cílios, ou fibras vibram estimulam as células nervosas que convertem esses movimentos em sinais elétricos, que são enviados ao cérebro, através do nervo da audição (nervo auditivo). [*Ouvido interno*]

OUVIDO – cont.

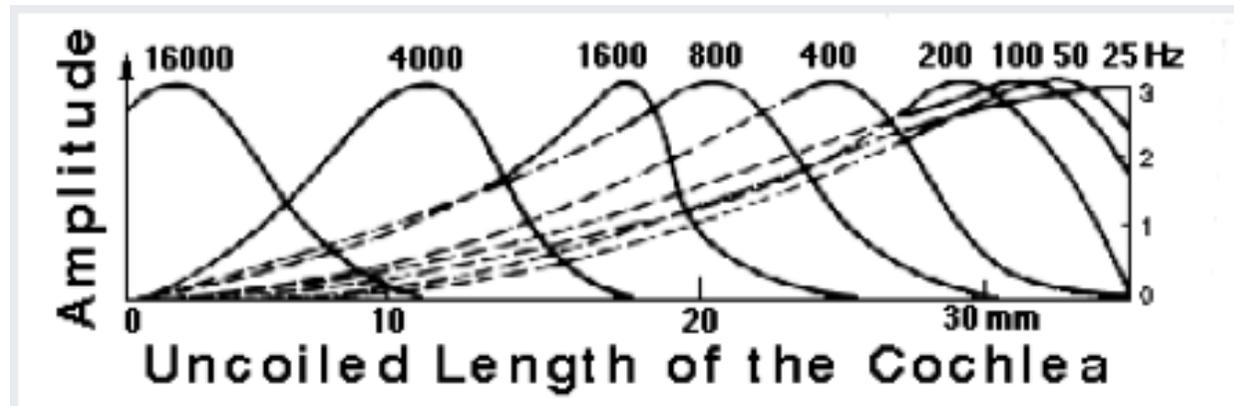
A membrana basilar:

- Cada célula capilar possui uma sensibilidade natural a uma vibração de frequência particular . Quando a frequência da onda de compressão casa com a frequência natural da célula nervosa, a célula irá ressoar com uma grande amplitude de vibração.
- Esta vibração ressonante induz a célula a liberar um impulso elétrico que passa ao longo do nervo auditivo para o cérebro.
- As frequências nas quais as células vibram com mais intensidade são chamadas de bandas críticas, um conceito introduzido por Harvey Fletcher.

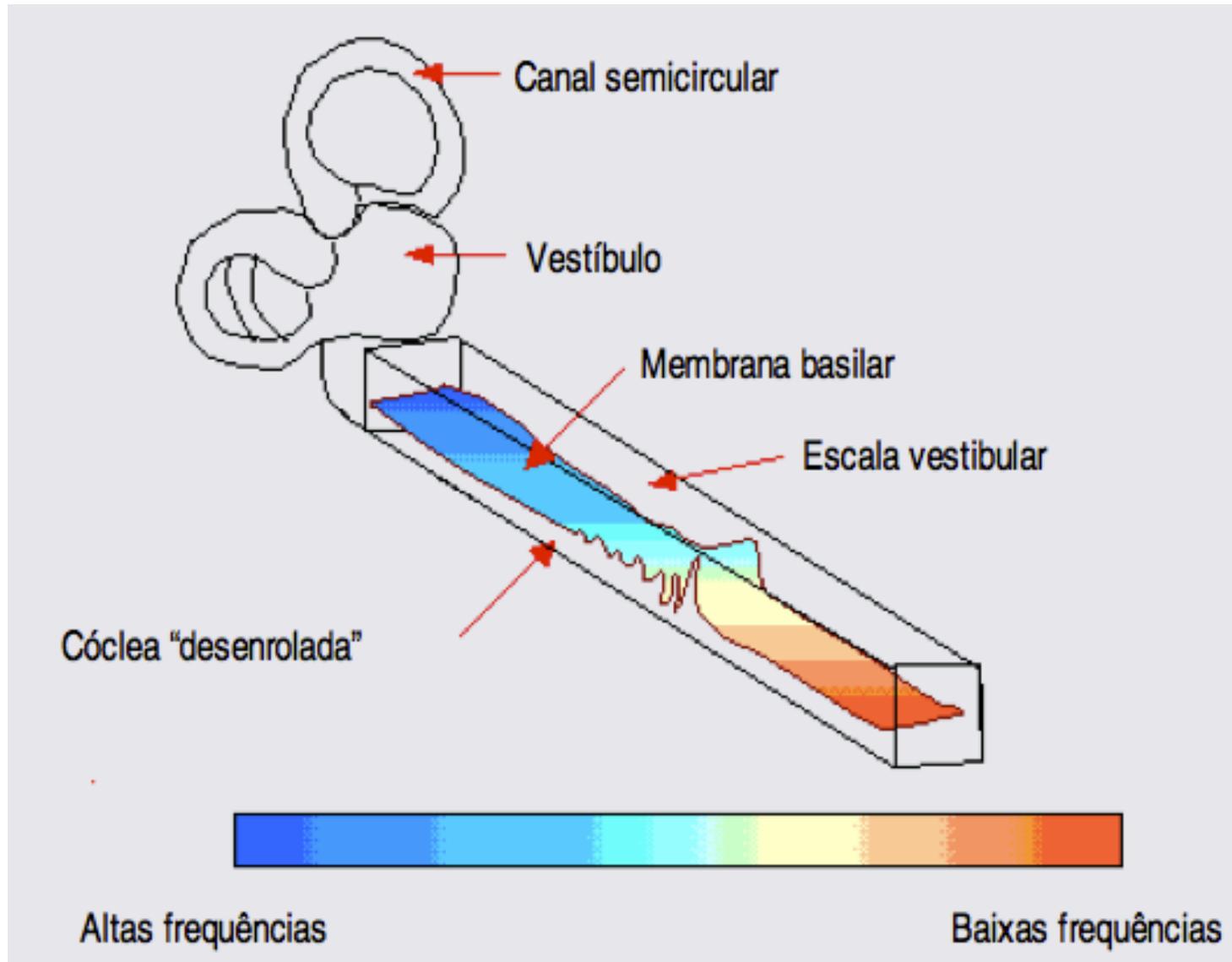
OUVIDO – cont.

A membrana basilar:

Na membrana basilar, uma resposta alta em uma região da membrana irá mascarar respostas mais suaves na banda crítica ao redor dela.



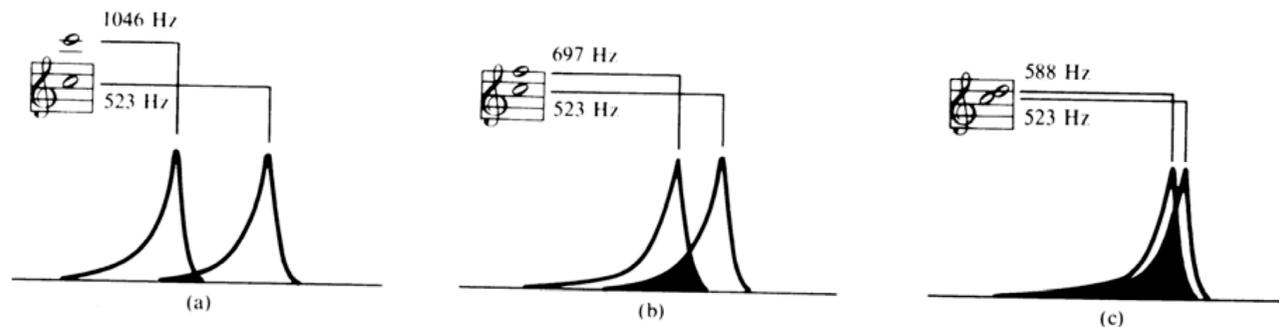
OUVIDO – cont.



OUVIDO – cont.

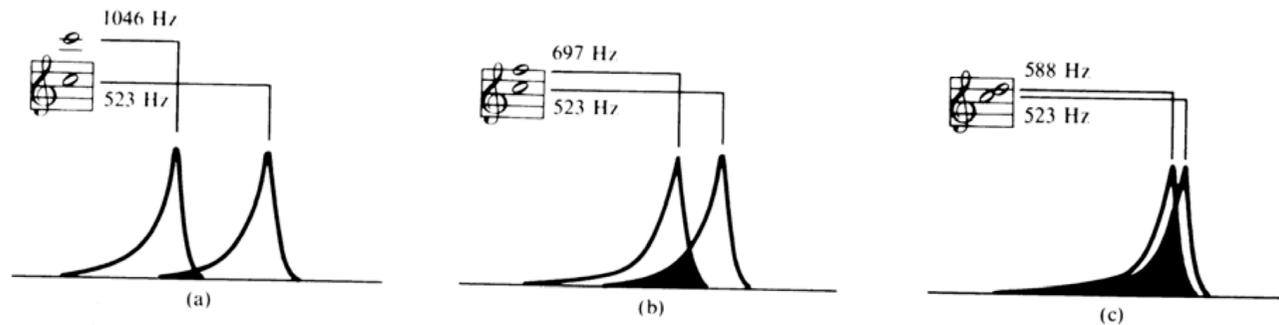
Banda crítica:

A banda crítica é um fenômeno ligado à nossa percepção de frequências. Ocorre na membrana basilar e representa o limite de resolução para a nossa distinção entre duas frequências próximas. A sonoridade áspera ocorre abaixo de um terço de oitava. Isso deforma a audibilidade e as características originais dos sons puros.



OUVIDO – cont.

Banda crítica:



Na figura (a), a banda crítica praticamente não ocorre pois temos uma tessitura de uma oitava; a figura (b) apesar da distância de uma quarta justa, a banda crítica não chega perturbar a percepção da relação intervalar; porém, a figura (c) – uma segunda maior – percebemos no gráfico que a região negra representa o elevado nível de intensidade da banda crítica, quase se igualando à intensidade da percepção da relação entre os dois sons.

OUVIDO – cont.

Mascaramento:

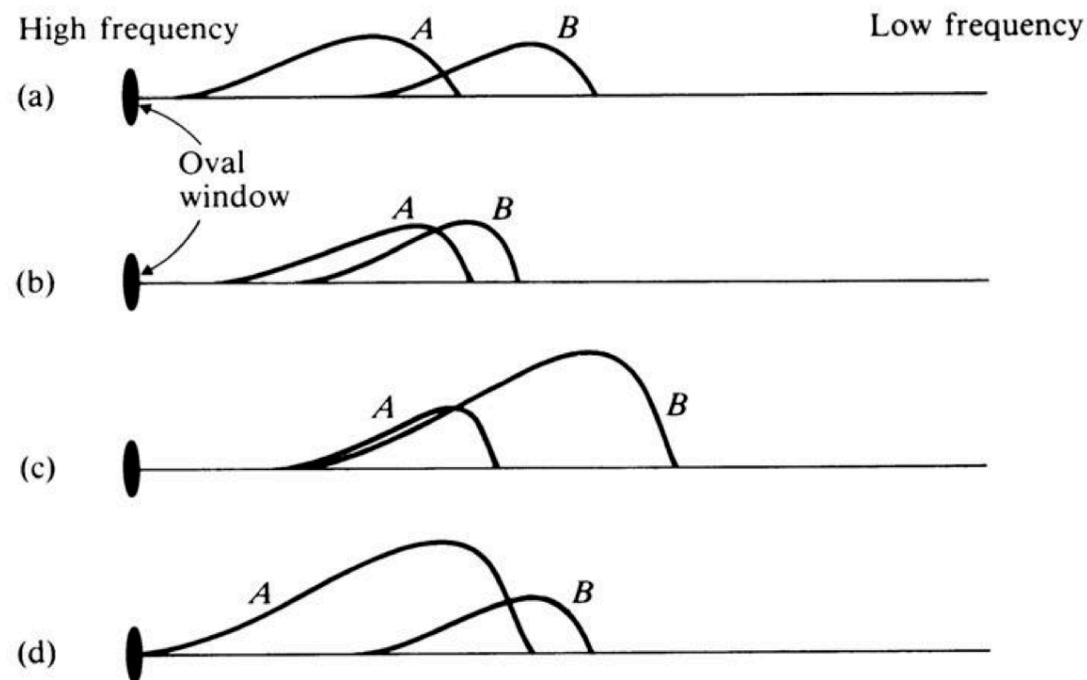
A interação dos vários sons de uma música dá origem a vários efeitos:

batimento, fusão, mascaramento, tons subjetivos, etc.

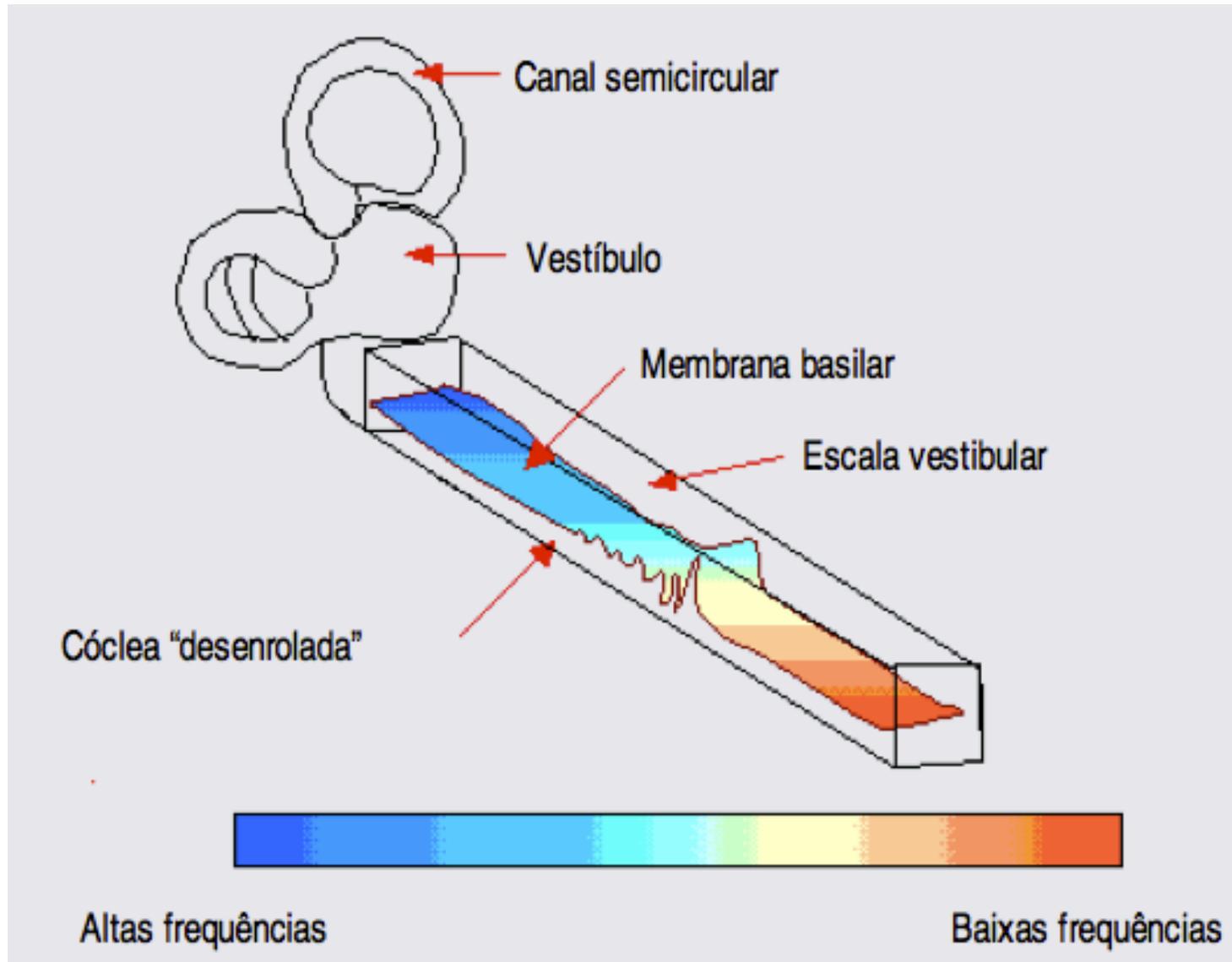
Mascaramento é quando um som “oculta” o outro e depende da relação de frequência e de volume entre eles.

OUVIDO – cont.

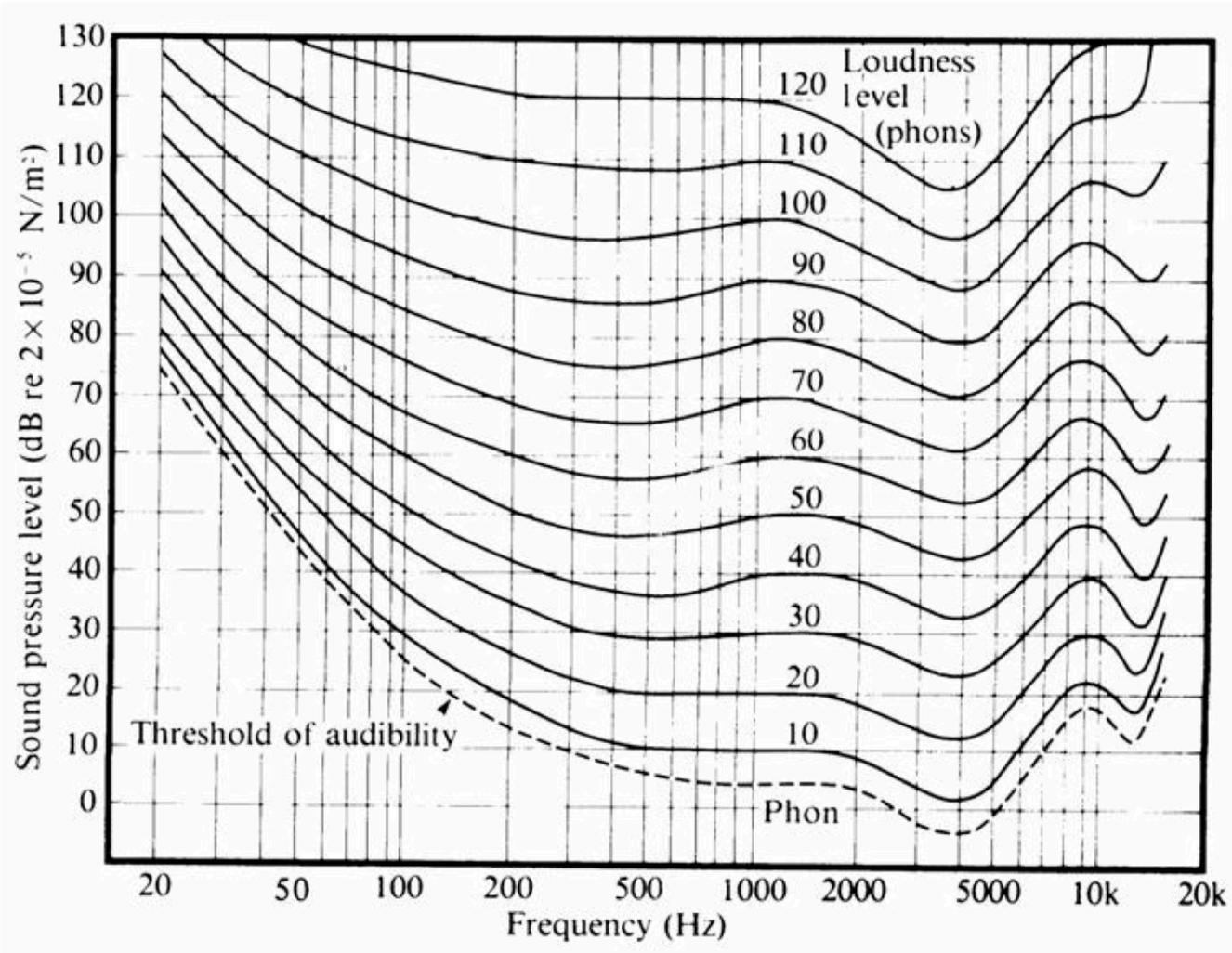
Como vimos, o mascaramento de volume ocorre devido às características anatômicas da percepção de frequências agudas e graves dentro da cóclea de uma extremidade a outra. Analisemos esse gráfico:



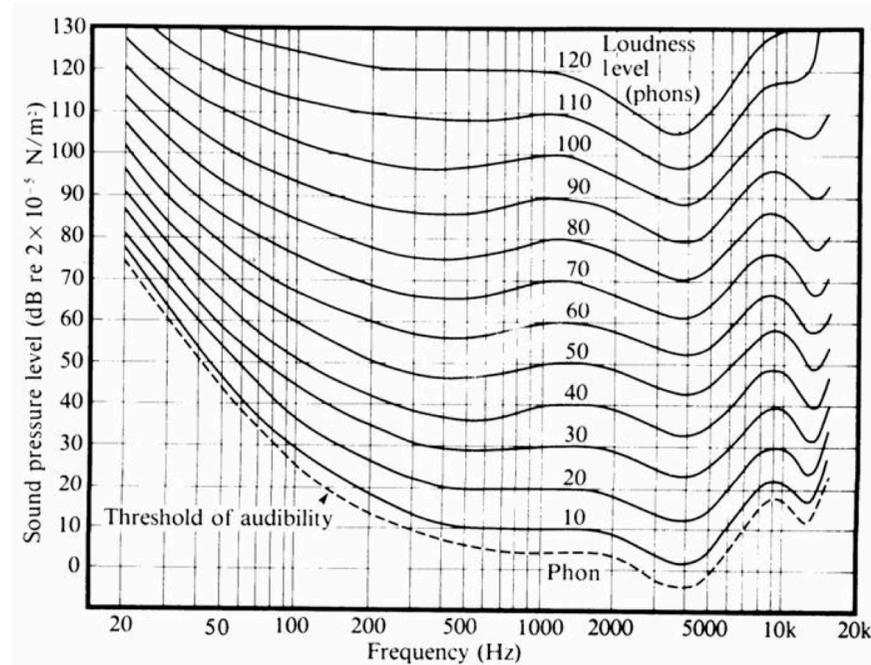
OUVIDO – cont.



CURVAS DE AUDIBILIDADE



CURVAS DE AUDIBILIDADE



O gráfico de Fletcher e Munson mostra que o nosso ouvido reage diferentemente no que diz respeito à percepção de intensidades. Sons cujas frequências são muito graves ou muito agudas são percebidas pelo ouvido como tendo menos intensidade do que as frequências médias. As curvas no gráfico mostram que a intensidade sonora necessária para se ter a mesma “percepção de intensidade” varia de acordo com a frequência do som. Podemos ver que um som na região entre 4kHz a 6kHz começa a ser percebido próximo de 0dB. O mesmo som na frequência de 20Hz começa a ser percebido com 70dB, ou seja, com intensidade sonora acima de 10 vezes superior.

TIMBRE

Percepção de timbre depende
do espectro dinâmico (sobretudo)
da ambiência

Percepção da fundamental
várias frequências harmônicas são percebidas como
uma única frequência: a fundamental
isto ocorre mesmo quando a fundamental não está
presente (fundamental ausente)

identificação da fonte
também é possível identificar um instrumento numa
orquestra

