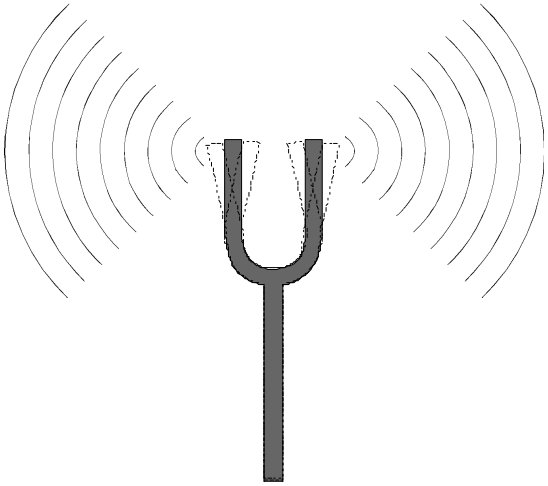
ÍNDICE

1 - O SOM 2
1.2 - Frequência do Som *2*
1.3 - Pressão Sonora *2*
1.4 - Onda Sonora *2*
1.5 - Decibel (dB) *2*
1.6 - Faixa Dinâmica *3*
1.7 - Equipamentos Básicos (caminho do som) *4*
2 - SISTEMA DE REFORÇO ACÚSTICO (SONORIZAÇÃO) 4
2.1 - Nível Adequado *5*
2.2 - Inteligibilidade *5*
2.3 - Cobertura Sônica *8*
2.4 - Resposta de Frequência Adequada *8*
3 - PRINCIPAIS COMPONENTES 9
3.1 - Microfones *9*
3.2 - Alto-falantes *11*
3.3 - Caixa Acústica *12*
4 - MICROFONIA 13
5 - DETERMINAÇÃO DA POTÊNCIA NECESSÁRIA 15
5.1 - Ambientes abertos (ar livre) *15*
5.2 - Ambientes fechados *17*
6 - ELIMINAÇÃO DE RUÍDO 20
6.1 - Interferência de RF *20*
6.2 - Ruídos da rede elétrica C.A. *21*
6.3 - Sistema balanceado x não balanceado *21*
7 - EQUALIZAÇÃO 25
7.1 - Como equalizar ? *25*

1 - O SOM

O Som se deve à vibração do ar provocada por uma fonte sonora (cordas vocais, batida de palmas, cordas de um violão, etc.). Estas vibrações nada mais são do que uma variação da pressão atmosférica gerada na superfície de um objeto em movimento vibratório.



1.2 - Frequência do Som

É o número de oscilações (vibrações) que um som realiza no ar, em um ponto determinado, em 1 segundo. A frequência é medida em Hertz (Hz).

Exemplo: se um som tem uma frequência de 200 Hz, significa que ocorrem 200 "vibrações" (oscilações) a cada segundo.

1.3 - Pressão Sonora

É a relação entre a pressão atmosférica normal exercida sobre o tímpano, em condições de repouso (ausência de som) e a pressão média em presença de som. O Pascal (Pa) é a unidade de medida da pressão sonora. A menor pressão sonora que o ouvido humano pode perceber é da ordem de 0,00002 Pa, enquanto que a maior que podemos ouvir sem que os ouvidos tenham sensação de dor, é 1 milhão de vezes maior , ou seja, da ordem de 20 Pa.

1.4 - Onda Sonora

As variações de pressão atmosférica geradas por um corpo vibratório não ficam apenas em torno deste, mas se propagam pelo ar; a estas propagações, damos o nome de ondas sonoras.

A velocidade com que as ondas sonoras "viajam" pelo ar, varia principalmente em função da pressão atmosférica e da temperatura do ar. Ao nível do mar e à uma temperatura de 20Cº, o som se propaga numa velocidade de 344m/s. Exemplo: quando uma pessoa grita, o som leva 1 segundo para chegar ao ouvido de outra pessoa que esteja a 344 metros de distância.

1.5 - Decibel (dB)

O ouvido humano não percebe "diretamente" a diferença de intensidade entre dois sons e sim, a relação entre essas diferenças, ou seja, uma mesma diferença de pressão sonora é muito mais significante entre dois sons de baixa intensidade que entre sons de intensidades superiores. Por exemplo: Entre uma pressão sonora de 0,02Pa e outra de 0,002Pa a diferença é de 0,018Pa; para que se tenha a mesma diferença de sensação auditiva para um som com intensidade de 2Pa é necessário que o segundo tenha uma diferença de 1,8Pa em relação ao outro.

Devido a essa característica da audição humana, para medição dos níveis de pressão sonora utilizamos uma unidade de medida que relaciona um determinado nível de pressão sonora com o outro. Essa unidade de medida é o decibel (dB).

Quando os valores em decibeis se somam, as intensidades de pressão sonora se multiplicam de forma que a um acréscimo de 6dB as pressões sonoras dobram de intensidade e uma subtração de 6dB significa a diminuição da pressão sonora para a sua metade.

Ao aplicamos o decibel para comparar potências elétricas, temos que a cada acréscimo de 3dB as potências elétricas dobram e a uma subtração de 3dB corresponde a queda da potência para a metade.[1]

Quando utilizamos o decibel para medir pressões sonoras, utilizando o limiar de audição como referência (0,00002Pa), acrescentamos o sufixo "SPL" (sound pressure level) à unidade dB (exemplo: 100dBSPL), e quando a medida se refere a potências elétricas utilizando 1Watt como referência, acrescentamos o sufixo "W" (Watts) à unidade dB (exemplo: 30 dBW).

As tabelas abaixo apresentam valores em decibéis para alguns níveis de pressões sonoras e potências elétricas.

Níveis de pressão sonora em dB SPL de algumas atividades cotidianas	
dB SPL	**Atividade**
0	Limiar de audição para jovens
35	Suspiro suave
40	Nível mínimo em áreas residencias silenciosas
40	Música funcional em ambiente silencioso
50	Média em residências
60	Música de fundo (ambiente)
60	Nível de conversa normal
70	Supermercado
90	Concerto musical (orquestra)
96	Picos de trompete, a 3 metros
100	Trem em viaduto
115	Picos em Concerto de Rock
120	Limiar de dor (sensação dolorosa no ouvido)
130	Avião a jato, a 15 metros

Potências elétricas expressas em dBW					
Watts	dBW	Watts	dBW	Watts	dBW
1,00	0	10,0	10	100	20
1,25	1	12,5	11	125	21
1,60	2	16,0	12	160	22
2,00	3	20,0	13	200	23
2,50	4	25,0	14	250	24
3,20	5	32,0	15	320	25
4,00	6	40,0	16	400	26
5,00	7	50,0	17	500	27
6,30	8	63,0	18	630	28
8,00	9	80,0	19	800	29

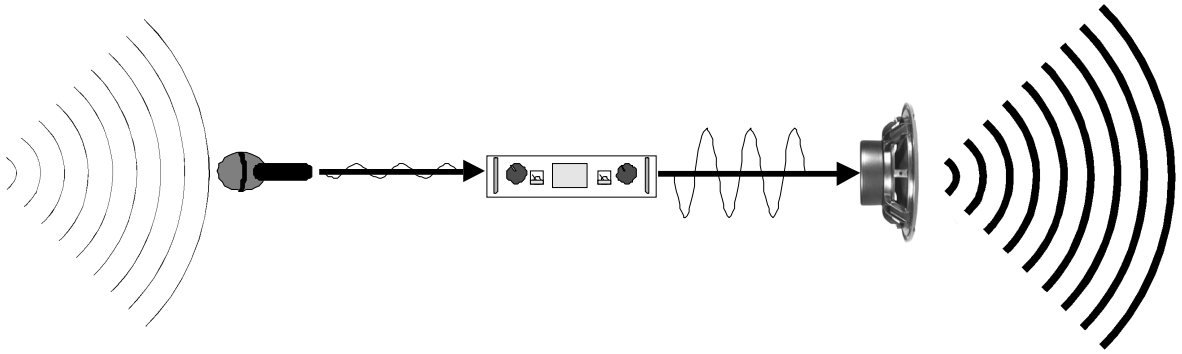
1.6 - Faixa Dinâmica

Os sons gerados pela voz ou por instrumentos variam constantemente em termos de frequência e intensidade. A variação de intensidade que uma fonte sonora produz, chama-se faixa dinâmica. Faixa dinâmica é a diferença entre a maior e a menor intensidade de som produzida por uma fonte sonora. A voz humana apresenta uma faixa dinâmica de 40dB, enquanto que a variação de intensidade dos sons produzidos por uma orquestra chega a 70dB.

[1]Digamos que um sistema de som de um auditório operando a 20Watts, produz um som com intensidade de 80dB; para se chegar aos 83dB, precisaremos operar o sistema com uma potência de 40Watts, para chegar a 86dB precisaremos de 80Watts, para subir até 89dB a potência será de 160Watts e assim por diante.

1.7 - Equipamentos Básicos (caminho do som)

Em um sistema eletroacústico (sistema de som), o som passará no mínimo por 3 etapas básicas: captação ou geração, amplificação e reprodução.

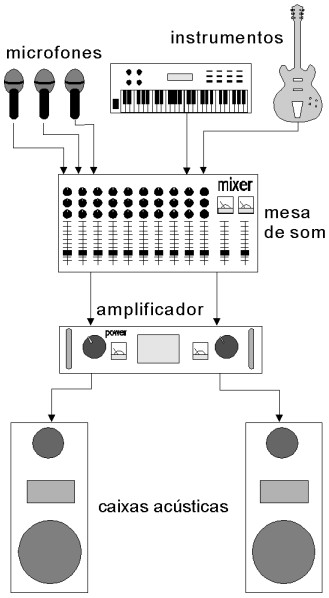


Captação ou Geração: o som é captado por um microfone e transformado em sinais elétricos de baixíssima intensidade (por volta de 0,001 Watts) ou é gerado por um instrumento eletrônico já em forma de sinais elétricos também de baixa intensidade.

Amplificação: Os "fracos" sinais elétricos (0,001W) entram (input) no amplificador e saem (output) com intensidade muito elevada (10W, 100W, 1000 W ou mais).

Reprodução: Os projetores de som (alto-falantes, caixas acústicas, cornetas e etc...) recebem estes sinais elétricos de grande intensidade e transformam em energia sonora com intensidades muito maiores que do som original.

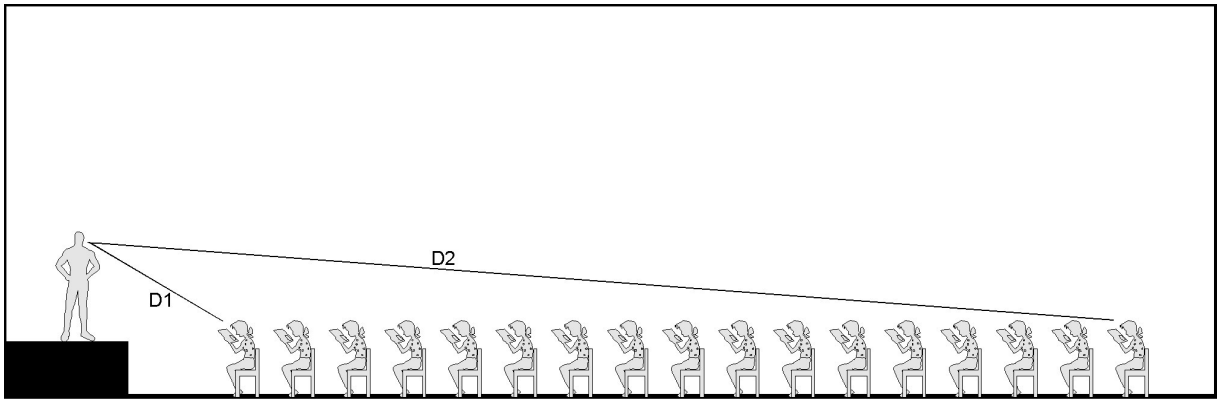
Na maioria das vezes, temos várias fontes de sinal (som) que iremos utilizar simultaneamente no sistema de som (vários microfones, teclado, guitarra e etc.). Para "juntar" todos os sinais e enviar como um só para o amplificador utilizamos o mixer (mesa de som); "mixar" sgnifica misturar, e é exatamente isso que uma mesa de som faz, recebe sinais de várias fontes sonoras, mistura-os e envia ao amplificador como um único sinal composto pelo som de todas as fontes.



2 - SISTEMA DE REFORÇO ACÚSTICO (SONORIZAÇÃO)

Quando vamos pensar em sistema de som, é fundamental que lembremos que o mesmo deve existir em função do som que se está reforçando, do local e da necessidade do ouvinte. O sistema de som irá simplesmente "reforçar" o som que está sendo produzido pela voz ou pelos instrumentos; jamais devemos esperar que o sistema "melhore" o que está se ndo produzido.

A figura abaixo mostra uma situação clássica de necessidade de reforço acústico: quais os objetivos que queremos alcançar ao instalar um sistema de som?



2.1 - Nível Adequado

O ouvinte mais afastado do orador deve receber a voz com uma intensidade suficiente para que ouça sem nenhum esforço o que está sendo falado. Devemos buscar oferecer aos ouvintes um nível de pressão sonora suficiente para lhes proporcionar uma audição confortável e de acordo com o tipo de programa musical. Quando o som tem qualidade, o nível sonoro precisa ser apenas o suficiente.

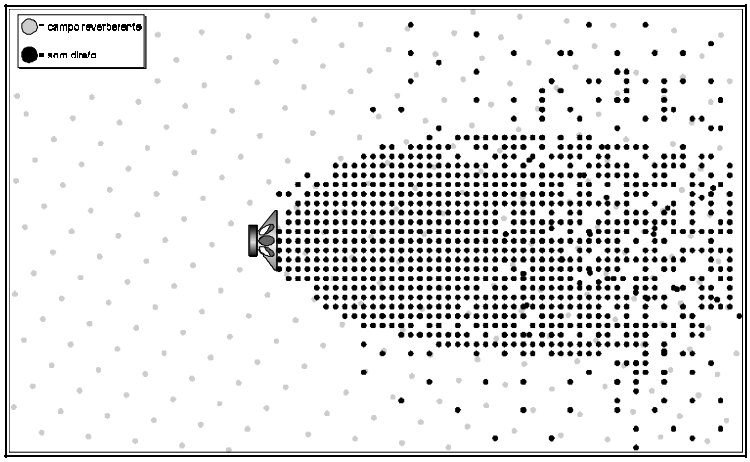
2.2 - Inteligibilidade

Todos os ouvintes devem receber um som "claro" e "definido" (boa inteligibilidade), como se estivessem conversando pessoalmente com o orador.

Alcançar boa inteligibilidade é um dos principais objetivos a que queremos chegar ao projetar um sistema de som para um ambiente qualquer.

Os fatores que influenciam na inteligibilidade são:

a) Relação entre sons diretos e campo reverberante (reverberação).



Quando uma fonte sonora localizada em um recinto fechado, os sons gerados são refletidos pelas paredes, piso e teto e se espalham pela sala em todas as direções. O campo reverberante é

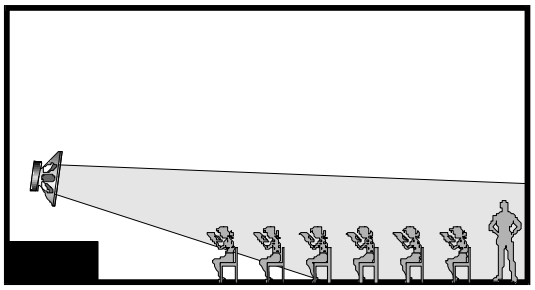
formado pelo conjunto de todas as reflexões que acontecem em um ambiente. A intensidade dos sons diretos é maior quanto mais próximo se está da fonte sonora e do seu eixo axial, já a intensidade do campo reverberante, é praticamente a mesma por todo o ambiente.

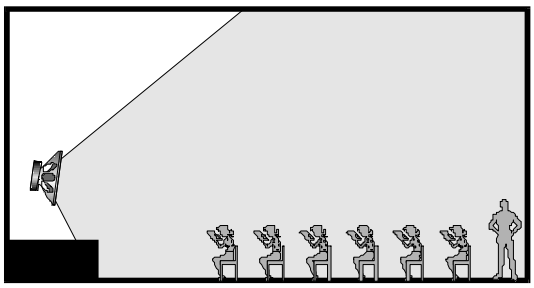
De modo geral, quanto maior a diferença de intensidade entre os sons diretos e o campo reverberante em um determinado ponto do ambiente, melhor será a inteligibilidade neste ponto.

b) Diretividade dos projetores acústicos.

Diretividade é a capacidade "concentrar" a projeção do som em torno do eixo axial da fonte sonora. A utilização de projetores com diretividade adequada, melhora os níveis de inteligibilidade.

As figuras abaixo ilustram duas situações distintas.





Na figura da esquerda vemos uma fonte sonora "mais diretiva" que concentra as ondas sonoras sobre os ouvintes. Na outra figura vemos que além de projetar o som sobre a platéia, a fonte sonora envia boa parte das ondas sonoras diretamente para as paredes, piso e teto, aumentando assim a intensidade do campo reverberante e, por consequência, diminuindo os níveis de inteligibilidade no recinto.

c) Filtragem comb e reflexões (eco).

Filtragem comb é uma irregularidade dos sons diretos causada pelo cancelamento de fase entre dois ou mais projetores de som. O fenômeno tem a propriedade de, além de sua própria irregularidade, modificar a relação entre os sons diretos e o campo reverberante, prejudicando a inteligibilidade.

O fenômeno é facilmente percebido por nossos ouvidos, e acentua-se quando os ouvintes movem horizontalmente suas cabeças.

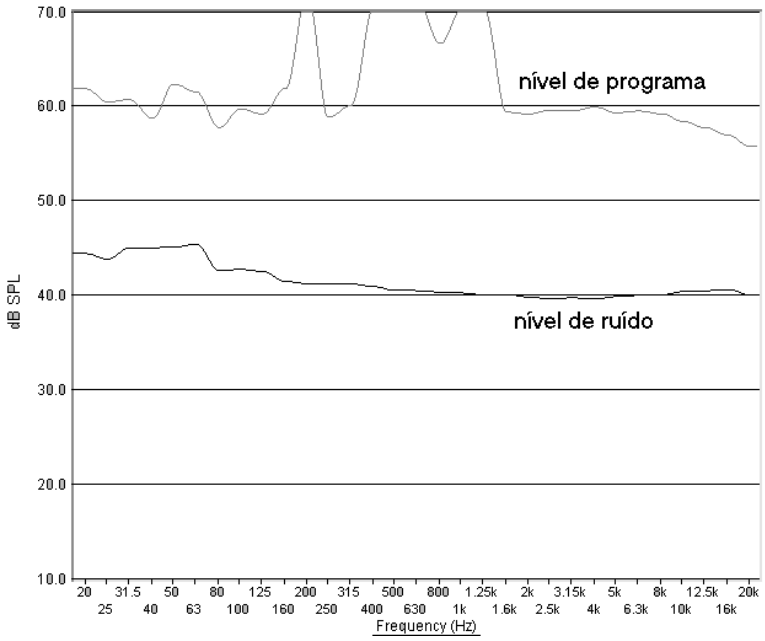
Uma das soluções para minimizar o problema é operar uma das fontes sonoras de 3 a 6 dB abaixo da outra.

Quando um som refletido chega aos ouvidos com um atraso de mais de 0,04 s em relação ao som direto, percebemos um efeito chamado "efeito separação" cujas caracter ísticas principais são confundir os ouvintes e reduzir a inteligibilidade do programa.

Como o som "viaja" a uma velocidade em torno de 340m/s, temos que em 0,04 seg o som viaja aproximadamente 14 metros. Se em nosso sistema de som existirem projetores distanciados entre si de uma distância superior à 14 metros, teremos criado as condições necessárias para a formação do efeito separação. A solução para o problema é restringir a distância entre os projetores ou utilização da técnica de atraso de sinais.

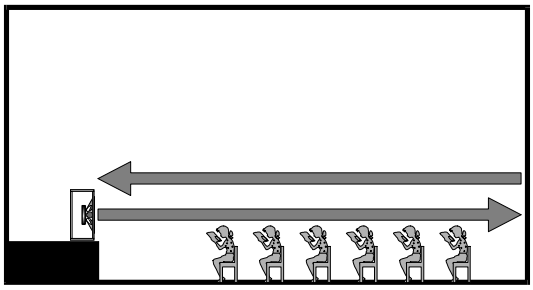
d) Relação entre nível de programa e ruído ambiente.

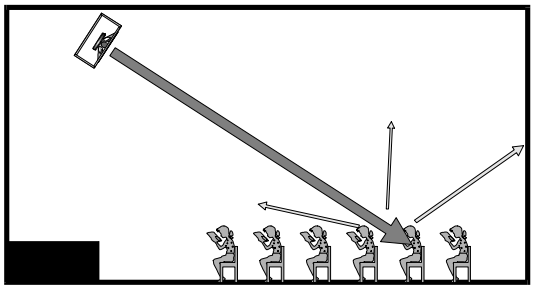
Quando a diferença entre o nível de ruído ambiente e o programa que estamos ouvindo é no mínimo 25 dB, o ruído é "mascarado" pelo programa. Em casos de ambiente ruidoso onde esta diferença diminui, o ruído passa a "atrapalhar" a compreensão do programa diminuindo assim a inteligibilidade. É comum casos de ambientes onde os níveis de ruído são tão altos que se torna impossível elevar o nível de programa de forma a conseguir os 25 dB de diferença. Exemplo: em uma igreja situada em uma avenida ruidosa o nível de ruído ambiente é de 70 dB; para alcançar os 25 dB de diferença, o sistema precisaria operar a um nível de 100 dB (nível sonoro de um concerto de rock).



e) Posição e alinhamento dos projetores acústicos.

A posição dos projetores de som é uma das principais formas de se evitar problemas de reflexões indesejadas e diminuir os níveis do campo reverberante, além de ser decisiva para a cobertura sônica.





Na figura da esquerda o som incide diretamente na parede do fundo, enquanto que à direita vemos o projetor de som direcionado para a platéia, evitando a incidencia diretamente sobre as paredes.

2.3 - Cobertura Sônica

O nível de pressão sonora deve ser o mesmo para todos os ouvintes, desde o que está mais próximo do orador até o mais afastado. Quando a cobertura sônica é boa, não importa o lugar onde o ouvinte esteja, ele sempre vai ouvir o mesmo som.

Os fatores que determinam a cobertura sônica:

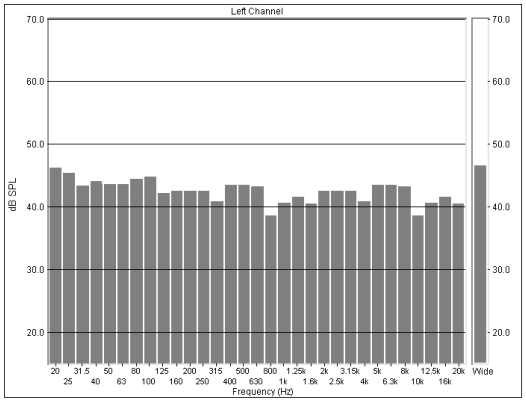
a) Ângulo de cobertura dos projetores de som.

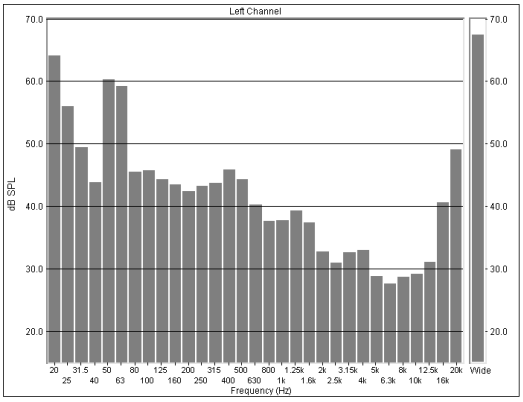
b) Posicionamento dos projetores de som.

c) Dimensões e geometria do ambiente.

d) Posicionamento do público, do orador e dos músicos.

2.4 - Resposta de Frequência Adequada





O sistema deve reproduzir de forma satisfatória e com a mesma eficiência todas as frequências dos sons que compõem o programa, desde os sons mais graves até os mais agudos.

A resposta de frequência do sistema deve ser suficiente para o tipo de programa a ser reforçado. Exemplo: se o sistema é apenas para reforço de voz (mensagem, palestra e etc) não há necessidade de um sistema que responda de 20 à 20.000 Hz; uma resposta de frequência de 100 à 5.000 Hz já seria o suficiente.

Os fatores determinantes da resposta de frequência são:

a) Acústica do ambiente.

As paredes, pisos e teto de um recinto não absorvem da mesma forma os sons de todas as frequências. Isso significa que uma sala pode, por exemplo, absorver mais os agudos que os sons graves e neste caso, para compensar este efeito, precisaríamos reforçar os agudos no nosso sistema.

b) Projetores de som (caixas acústica, cornetas e etc).

Os projetores de som devem responder às necessidades de resposta do programa a ser reforçado.

É importante salientar que a linearidade e o balanço da resposta de frequência são mais

importantes do que a sua extensão.

O balanço se refere aos dois limites que determinam a extensão da resposta. A resposta de frequência está bem balanceada quando o produto entre o limite inferior e o superior está entre 400.000 e 500.000. Assim, se estabelecemos o limite superior da resposta em uma frequência de 15KHz, não devemos fixar um limite inferior de 20Hz, pois 20 x 15.000 = 300.000. Será melhor opção um limite inferior de 30Hz, já que 30 x 15.000 = 450.000 .

A linearidade de resposta é a capacidade de o sistema responder com mesma intensidade a todas as frequências. Quando estamos operando o sistema com pouca intensidade sonora (70dB ou menos), podemos reforçar a resposta de graves devido ao fato de que nossos ouvidos ouvem menos essas frequências quando o nível de pressão sonora é relativamente baixo. Uma boa linearidade de resposta também é um fator importante para o desempenho dos amplificadores e caixas acústicas.

3 - PRINCIPAIS COMPONENTES

3.1 - Microfones

A função de um microfone é captar energia acústica (som) e transformá-la em sinais elétricos; o microfone é então um transdutor ou seja, um conversor de energia. Com relação à qualidade da voz ou dos instrumentos acústicos reforçados em um sistema de som, podemos dizer que o microfone e sua correta utilização são fundamentais. De nada adianta se ter um sistema de boa qualidade se o microfone não estiver produzindo um sinal de qualidade pois a única coisa que o sistema fará é "amplificar" o som do microfone; se for um som de pouca qualidade, é isso que vai sair nas caixas acústicas.

3.1.1 - Tipos de microfone

Quanto ao princípio de funcionamento

Dinâmico:

Utiliza uma bobina móvel e um conjunto magnético para converter o som em sinais elétricos.

É o tipo mais utilizado de microfone por seu baixo preço e robustez.

Capacitivo:

Utiliza uma membrana metálica de forma circular que se apoia sobre distanciadores isolantes. Em oposicão aos distanciadores, encontra-se uma placa perfurada fixa, também de forma circular. Esse conjunto forma um capacitor. As variações de pressão causadas pelas ondas sonoras fazem vibrar a menbrana metálica criando uma variação da capacitância do circuito, gerando uma tensão variável como saída.

São microfones de alta-qualidade e excelente resposta de frequências, produzindo um som claro e bem definido. Não são frequêntemente utilizados em sonorização por seu alto preço e fragilidade no manuseio.

Quanto à diretividade

Direcional:

Microfones direcionais são os que captam melhor os sons que vem "de frente" para o microfone, enquanto que os sons não são captados com a mesma eficiência quando vem dos lados ou por traz.

Nas figuras abaixo encontramos o diagrama polar de uma microfone direcional e uma ilustração que mostra os sons que são mais e menos captados pelo microfone.

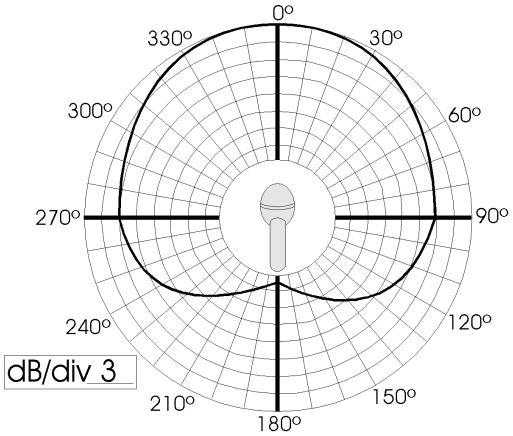
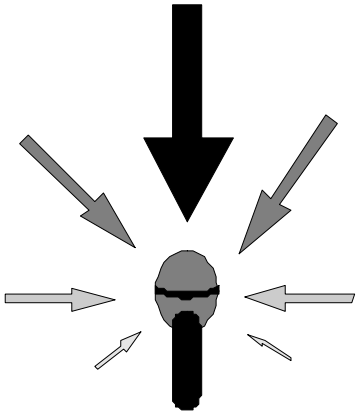
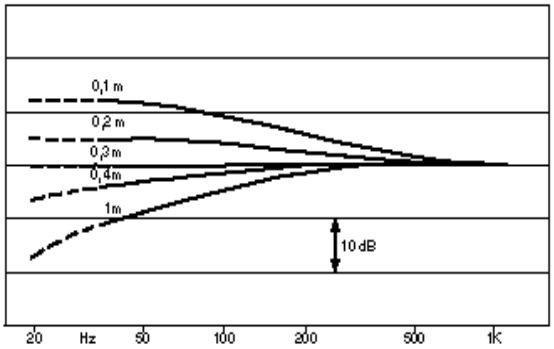


Diagrama polar de um microfone direcional



como os sons são captados

Uma característica importante dos microfones direcionais, é o "efeito proximidade".



O gráfico ao lado representa a resposta de graves de um microfone para as distâncias de 10cm, 20cm, 30cm, 40cm e 1 m.

Observe que neste exemplo, quando o microfone é utilizado à 10cm da fonte sonora os graves são reforçados em mais de 10dB.

O efeito proximidade é caracterizado por um aumento na resposta de frequências graves à medida que a fonte sonora se aproxima do microfone. O conhecimento desta característica é fundamental para a correta operação e utilização desses microfones.

Omni-direcional:

São os que captam com a mesma eficiências sons que vem de qualquer direção.

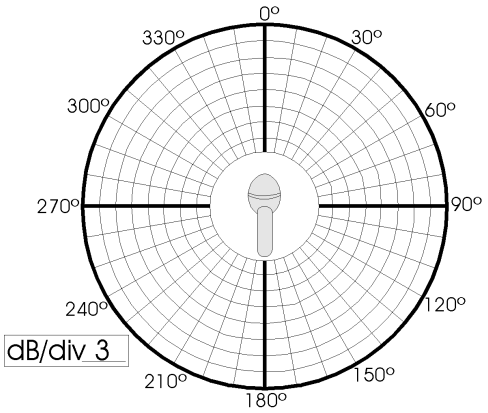
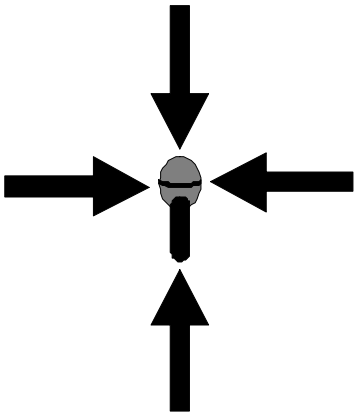


diagrama polar de um microfone omni-direcional



como os sons são captados

3.1.2 - Utilização de microfones

Um dos componentes mais importantes para se obter um boa reprodução da voz é o microfone. É fundamental que se saiba que a aquisição de um microfone de boa qualidade é um investimento que trará resultados muito evidentes aos ouvidos dos ouvintes. É mais importante se ter um bom microfone do que uma mesa de som de 1ª linha.

Em reforço de voz, a boa performance de um microfone depende muito de quem o está utilizando. A maior distância que o microfone deve ficar da boca do vocalista é 10cm, distâncias maiores costumam produzir um som "sem corpo" e fraco, principalmente para vozes femininas. Se o vocalista tiver dificuldade de manter uma distância constante, pode-se utilizar o microfone com a mão apoiada no queixo, desde que o operador diminua a resposta de graves para compensar o efeito proximidade.

A utilização de microfones de lapela não é recomendável para a maioria dos sistemas de sonorização. Os microfones de lapela são essencialmente omni-direcionais, captando não só a voz do orador como também todos os sons do ambiente. A propensão a microfonia é muito maior para microfones omni-direcionais.

3.2 - Alto-falantes

3.2.1 - Tipos de alto-falantes

Alto-falantes são transdutores eletroacústicos ou seja, conversores de energia que convertem energia elétrica em energia acústica (som).

Fisicamente, um alto-falantes não consegue reproduzir todas as frequência da faixa de áudio (20 à 20.000 Hz) pois as características físicas exigidas para que um corpo vibrante produza sons agudos são opostas às de um corpo que produz vibrações graves. Todos nós já percebemos que as cordas de um violão são mais finas para as notas mais agudas e mais grossas para as notas mais graves, um trompete produz sons mais agudos que uma tuba devido ao fato de ter tubulações mais curtas e assim por diante. Da mesma forma, um alto-falantes precisa ter um cone grande e pesado para que possa reproduzir sons graves enquanto que para reproduzir sons agudos as dimensões e o peso do cone devem ser necessariamente menores. Por esse motivo são fabricados alto-falantes específicos para reproduzir sons graves, médios ou agudos.

Alto-falante para frequências graves - woofer - (40Hz - 1.000Hz)

São de cone e bobina móvel, cone com de 8, 10, 12 ou 15 polegadas de diâmetro.

Alto-falantes para médias frequências - midrange - (200Hz - 7.000Hz)

Podem ser de cone e bobina móvel com cone de 3, 4, 5 ou 6 polegadas de diâmetro ou drivers de compressão com corneta acoplada.

Os drives utilizam, em lugar do cone, um diafragma de material resistente muito leve (fenolite, titânio, etc.).

Alto-falantes para altas frequências - tweeter - (5.000Hz - 20.000Hz)

Podem ser de cone e bobina móvel com cone de 1 à 3 polegadas de diâmetro, drivers de compressão ("super-tweeter") ou pizo-elétricos.

3.2.2 - Especificações técnicas principais

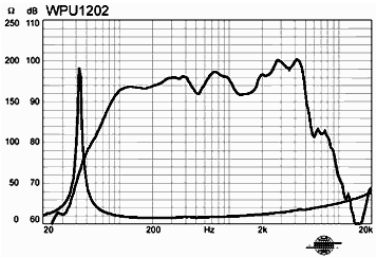
Frequência de resonância (Fs) - Hz: Frequência a partir da qual o alto-falante apresenta rendimento satisfatório.

Sensibilidade (1W/1m) - dB SPL: Pressão sonora produzida pelo alto-falante a 1 metro de distância, no eixo axial, quando alimentado com 1 Watt de potência.

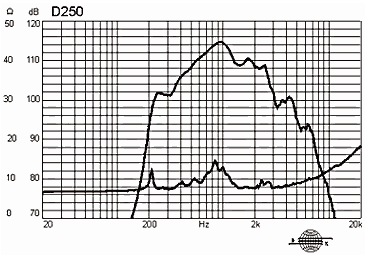
Impedância nominal - Ohms: Impedância atribuída pelo fabricante para fins de casamento de impedâcias entre amplificadores e alto-falantes.

Potência real (RMS) - Watts: De acordo com a norma NBR10303 que utiliza ruído rosa, com filtro específico, durante 2 horas ininterruptas.

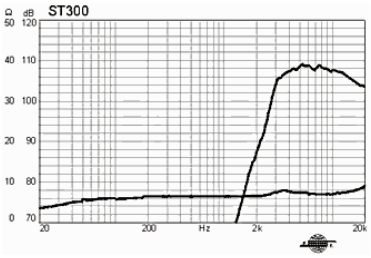
Resposta de frequência: Faixa de frequência que o alto-falante reproduz satisfatoriamente.



Resposta típica de um woofer



resposta típica de um driver c/ corneta

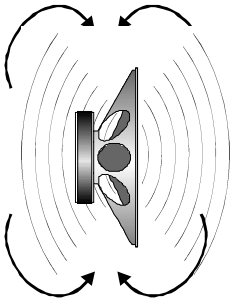


resposta típica de um super-tweeter

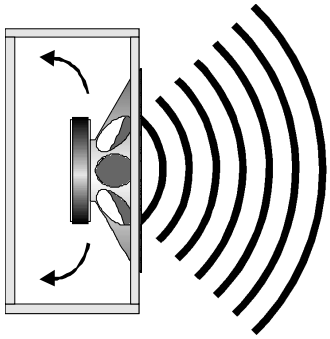
3.3 - Caixa Acústica

Como vimos anteriormente, não existe alto-falante capaz de reproduzir satisfatoriamente todas as frequências da faixa de áudio, por isso, para que tenhamos um sistema de reforço que reproduza todas elas, será necessario a combinação de alto-falantes específicos para cada frequência. Uma das funções de uma caixa acústica é combinar de forma adequada a resposta dos alto-falantes e suas sensibilidades afim de que a reprodução de todas as frequências seja alcançada. Além disso, a caixa acústica interage com os alto-falantes de grave para permitir e "controlar" a reprodução das baixas frequências.[2]

[2]Um alto-falante de graves fora da caixa acústica, não reproduz as baixas frequências devido ao cancelamento de fase que ocorre entre as ondas sonoras produzidas pela frente e por trás do alto-falante. Quando bem projetada, a caixa acústica reforça e controla os graves naturais do alto-falante.



cancelamento entre as ondas sonoras de frente e de trás



caixa acústica isolando as ondas sonoras produzidas por trás do alto-falante

3.3.1 - Especificações técnicas principais

Frequência de resonância (Fs) - Hz: Frequência a partir da qual a caixa acústica apresenta rendimento satisfatório.

Sensibilidade (1W/1m) - dB SPL: Pressão sonora produzida pela caixa acústica a 1 metro de distância, no eixo axial, quando alimentada com 1 Watt de potência.

Impedância nominal - Ohms: Impedância atribuída pelo fabricante para fins de casamento de impedâcias entre amplificadores e caixas acústicas.

Potência real (RMS) - Watts: De acordo com a norma NBR10303 que utiliza ruído rosa, com filtro específico, durante 2 horas ininterruptas.

Resposta de frequência: Faixa de frequência que a caixa acústica reproduz satisfatoriamente.

Ângulos de cobertura horizontal e vertical (HxV): O ângulo de cobertura é aquele que determina um setor de círculo formado pelo centro acústico da caixa acústica no vértice central e pelos ponto laterais onde o nível de pressão sonora cai 6 dB. Os sons agudos são bem direcionais, os médios menos, e os graves pouco direcionais, isso significa que a cobertura de uma caixa acústica é bem maior para os sons graves que para os agudos.

4 - MICROFONIA

O ganho acústico de qualquer sistema, como a da figura abaixo, pode ser aumentado, bastando que aumentemos o controle de ganho do amplificador. Mas há um limite no qual o sistema entra em oscilação regenerativa (microfonia). Isso acontece exatamente quando o som proveniente das caixas acústicas realimenta o microfone com tal nível que o sistema passa a reforçar, além do próprio orador, também a si próprio.

O máximo ganho acústico que pode ser obtido do sistema antes que ocorra microfonia é chamado **Ganho Acústico Potencial** (PAG). Quanto maior for o Ganho Acústico Potencial (PAG), mais poderemos aumentar o volume do microfone sem que haja microfonia.

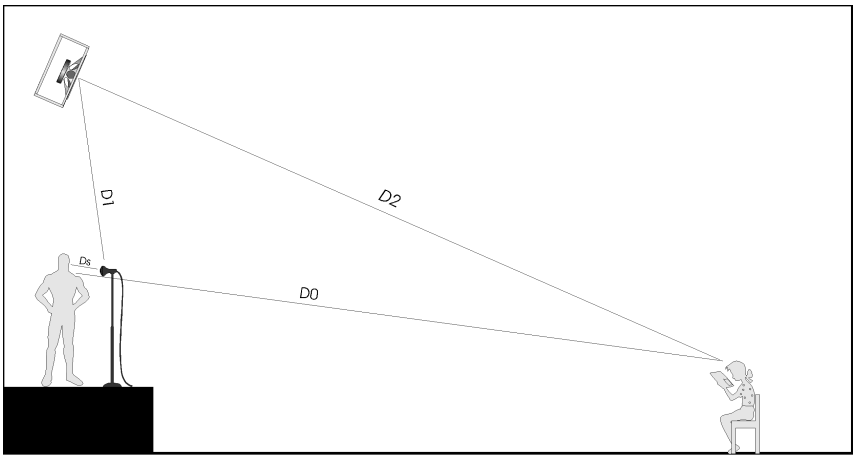
Os fatores que influenciam no PAG são:

a) Distância entre o projetor de som e o ouvinte mais afastado (D2).

b) Distância entre o projetor de som e o microfone (D1).

c) Distância entre o microfone e a boca do orador ou vocalista (Ds).

d) Distância entre o orador ou vocalista e o ouvinte mais afastado (D0).



distâncias que influenciam o ganho acústico potêncial (PAG)

As distâncias mencionadas se relacionam com o PAG conforme a tabela abaixo:

Distância	***Quanto maior...***		***Quanto menor...***	
D0	Menor PAG	Mais microfonia	Maior PAG	Menos Microfonia
D1	Maior PAG	Menos microfonia	Menor PAG	Mais microfonia
D2	Menor PAG	Mais microfonia	Maior PAG	Menos Microfonia
Ds	Menor PAG	Mais microfonia	Maior PAG	Menos microfonia

Além dessas distâncias, temos ainda outros fatores que influenciam diretamente no Ganho Acústico Potencial. São eles:

a) Diretividade dos projetores de som.

b) Diretividade dos microfones.

A tabela abaixo mostra como estes fatores estão relacionados com o PAG:

Fator	***Quanto maior...***		***Quanto menor...***	
Diretividade dos projetores de som	Maior PAG	Menos microfonia	Menor PAG	Mais microfonia
Diretividade dos microfones	Maior PAG	Menos microfonia	Menor PAG	Mais microfonia

Outros fatores não influenciam diretamente o PAG mas, são importantes para o controle de microfonias. São eles:

a) Tempo de reverberação (RT60).

b) Quantidade de microfones abertos.

c) Planicidade na resposta de frequência (equalização).

Relação com o fenômeno da oscilação regenerativa (microfonia):

Fator	*Quanto maior...*	*Quanto menor...*
Reverberação (RT60)	Mais microfonia	Menos microfonia
Quantidade de microfones abertos	Mais microfonia	Menos microfonia
Planicidade na resposta de frequência	Menos microfonia	Mais microfonia

A oscilação regenerativa ocorre somente se existir no sistema de som um componente capaz de "re-captar" o som proveniente dos projetores de som. Além dos microfones, que são os componentes mais comuns, os captadores de instrumentos eletroacústicos também podem provocar a microfonia. Por outro lado, se não houver a presença de tais componentes, simplesmente não haverá a possibilidade de microfonias, como por exemplo, sistemas de som que reproduzem apenas instrumentos eletrônicos (teclados, bateria eletrônica, etc...) ou reprodutores de áudio (CDs, Tape-Deck, etc...). Por esse motivo, para operar um sistema de reforço acústico, devemos ter em mente que o nível de pressão sonora do programa ("volume do som") deve, obrigatoriamente, ter os microfones como referência ("jamais começe ajustar o nível do programa pelos instrumentos e sim pelos microfones dos vocalistas").

5 - DETERMINAÇÃO DA POTÊNCIA NECESSÁRIA

5.1 - Ambientes abertos (ar livre)

Em ambientes abertos, a potência necessária para a sonorização do evento depende do nível de pressão sonora que desejamos, da distância que queremos alcançar, da sensibilidade (rendimento acústico) dos projetores de som que serão utilizados e da margem para os picos e transientes - TPM que iremos adotar.[3]

A expressão que permite calcular a Potência Elétrica Necessária (EPR) é:

$$EPR = 10^{\left(\frac{\text{nível} + \text{TPM} + \Delta D2 - \text{Sensibilidade}}{10}\right)}$$

nível é o nível desejado em dB.

TPM é a margem para picos e trasientes em dB.

ΔD2 é a atenuação em dB para a distância que queremos alcançar.

Sensibilidade é a sensibilidade axial do projetor em dB SPL.

[3]Ao nível de pressão sonora que queremos alcançar é preciso adicionar uma margem para tratar os picos e transientes do programa. Em sonorização profissional esta margem pode variar de 10 dB para reforço de voz à 20 dB para eventos musicais.

A tabela seguinte mostra a atenuação ΔD2 para distâncias até 100 metros:

Tabela de atenuações ΔD2 para distâncias até 100 metros

dist. (m)	*ΔD2* *(dB)*	*dist.* (m)	*ΔD2* *(dB)*	*dist.* (m)	*ΔD2* *(dB)*	*dist.* (m)	*ΔD2* *(dB)*
1	0,00	26	28,30	51	34,15	76	37,62
2	6,02	27	28,63	52	34,32	77	37,73
3	9,54	28	28,94	53	34,49	78	37,84
4	12,04	29	29,25	54	34,65	79	37,95
5	13,98	30	29,54	55	34,81	80	38,06
6	15,56	31	29,83	56	34,96	81	38,17
7	16,90	32	30,10	57	35,12	82	38,28
8	18,06	33	30,37	58	35,27	83	38,38
9	19,08	34	30,63	59	35,42	84	38,49
10	20,00	35	30,88	60	35,56	85	38,59
11	20,83	36	31,13	61	35,71	86	38,69
12	21,58	37	31,36	62	35,85	87	38,79
13	22,28	38	31,60	63	35,99	88	38,89
14	22,92	39	31,82	64	36,12	89	38,99
15	23,52	40	32,04	65	36,26	90	39,08
16	24,08	41	32,26	66	36,39	91	39,18
17	24,61	42	32,46	67	36,52	92	39,28
18	25,11	43	32,67	68	36,65	93	39,37
19	25,58	44	32,87	69	36,78	94	39,46
20	26,02	45	33,06	70	36,90	95	39,55
21	26,44	46	33,26	71	37,03	96	39,65
22	26,85	47	33,44	72	37,15	97	39,74
23	27,23	48	33,62	73	37,27	98	39,82
24	27,60	49	33,80	74	37,38	99	39,91
25	27,96	50	33,98	75	37,50	100	40,00

Exemplo 1:

Qual a potência necessária para sonorizar um evento ao ar livre mantendo um nível de programa de 85 dB SPL à uma distância máxima de 60 metros dos projetores de som que tem sensibilidade de 98 dB SPL ?

Dados:

ΔD2 para 60 metros = 35,56 dB

TMP = 10 dB

sensibilidade = 98 dB

nível desejado = 85 dB

Resposta:

$$EPR = 10^{\left(\frac{85 + 10 + 35{,}56 - 98}{10}\right)} = 1803{,}01 \text{ Watts}$$

Exemplo 2:

Qual seria a potência necessária para o mesmo evento se os projetores de som tivessem uma sensibilidade de 95 dB SPL ?

Dados:

ΔD2 para 60 metros = 35,56 dB

TMP = 10 dB

sensibilidade = 95 dB

nível desejado = 85 dB

Resposta:

$$EPR = 10^{\left(\frac{85 + 10 + 35{,}56 - 95}{10}\right)} = 3597{,}49 \text{ Watts}$$

5.2 - Ambientes fechados

Em ambientes fechados, a atenuação ΔD2 depende de outros fatores além da própria distância D2. Os fatores que interferem em ΔD2 em ambientes fechados são principalmente a reverberação (RT60) do ambiente, a diretividade dos projetores de som e as dimensões internas do recinto entre outros.

Para fins de cálculo da Potência Elétrica Necessária (EPR) nestes ambientes, pode-se utilizar das tabelas abaixo (a que melhor refletir as características do ambiente a ser sonorizado) para obter a atenuação ΔD2 para as distâncias D2 que procuramos.

Uma vez encontrado o valor de ΔD2, basta aplicar este valor juntamente com o nível desejado, a margem TPM e a sensibilidade do projetor de som na expressão para cálculo da EPR e teremos a potência necessária para sonorizar o ambiente.

Ambiente pequeno 1.400 m³ (7x10x20)					
RT60 = 5 seg		***RT60 = 3 seg***		***RT60 = 1,5 seg***	
Dist. (m)	***ΔD2 (dB)***	***Dist. (m)***	***ΔD2 (dB)***	***Dist. (m)***	***ΔD2 (dB)***
1	3,13	1	3,46	1	3,72
2	7,25	2	8,16	2	8,99
3	8,76	3	10,11	3	11,5
4	9,45	4	11,07	4	12,88
5	9,8	5	11,6	5	13,71
6	10,01	6	11,92	6	14,24
7	10,14	7	12,12	7	14,59
8	10,22	8	12,26	8	14,84
9	10,29	9	12,35	9	15,01
10	10,33	10	12,42	10	15,14
11	10,36	11	12,48	11	15,24
12	10,39	12	12,52	12	15,32
13	10,41	13	12,55	13	15,38
14	10,42	14	12,58	14	15,43
15	10,43	15	12,6	15	15,47
16	10,44	16	12,61	16	15,5
17	10,45	17	12,63	17	15,53
18	10,46	18	12,64	18	15,55
19	10,47	19	12,65	19	15,57
20	10,47	20	12,66	20	15,59

Ambiente médio 3.150 m³ (7x15x30)					
RT60 = 5 seg		***RT60 = 3 seg***		***RT60 = 1,5 seg***	
Dist. (m)	***ΔD2 (dB)***	***Dist. (m)***	***ΔD2 (dB)***	***Dist. (m)***	***ΔD2 (dB)***
1	3,59	1	3,75	1	3,87
2	8,57	2	9,09	2	9,53
3	10,77	3	11,68	3	12,51
4	11,92	4	13,14	4	14,35
5	12,57	5	14,02	5	15,57
6	12,97	6	14,59	6	16,4
7	13,23	7	14,98	7	17
8	13,41	8	15,25	8	17,43
9	13,53	9	15,44	9	17,76
10	13,62	10	15,58	10	18,01
11	13,69	11	15,69	11	18,2
12	13,75	12	15,78	12	18,36
13	13,79	13	15,85	13	18,48
14	13,82	14	15,9	14	18,58
15	13,85	15	15,95	15	18,66
16	13,87	16	15,98	16	18,73
17	13,89	17	16,01	17	18,79
18	13,91	18	16,04	18	18,84
19	13,92	19	16,06	19	18,88
20	13,93	20	16,08	20	18,92
21	13,94	21	16,1	21	18,95
22	13,95	22	16,11	22	18,98
23	13,96	23	16,12	23	19
24	13,97	24	16,13	24	19,02
25	13,97	25	16,14	25	19,04
26	13,98	26	16,15	26	19,06
27	13,98	27	16,16	27	19,07
28	13,99	28	16,17	28	19,09
29	13,99	29	16,17	29	19,1
30	13,99	30	16,18	30	19,11

Ambiente grande 40.000 m³ (10x40x100)					
RT60 = 5 seg		RT60 = 3 seg		RT60 = 1,5 seg	
Dist. (m)	ΔD2 (dB)	Dist. (m)	ΔD2 (dB)	Dist. (m)	ΔD2 (dB)
1	3,97	1	3,98	1	3,99
2	9,89	2	9,94	2	9,98
3	13,25	3	13,36	3	13,45
4	15,53	4	15,73	4	15,88
5	17,21	5	17,5	5	17,73
6	18,49	6	18,89	6	19,21
7	19,5	7	20,01	7	20,43
8	20,3	8	20,92	8	21,46
9	20,96	9	21,69	9	22,33
10	21,5	10	22,33	10	23,09
11	21,94	11	22,88	11	23,75
12	22,31	12	23,35	12	24,32
13	22,63	13	23,75	13	24,83
14	22,89	14	24,1	14	25,28
15	23,12	15	24,4	15	25,68
16	23,32	16	24,66	16	26,04
17	23,48	17	24,89	17	26,37
18	23,63	18	25,1	18	26,65
19	23,76	19	25,28	19	26,92
20	23,87	20	25,44	20	27,15
21	23,97	21	25,58	21	27,37
22	24,06	22	25,71	22	27,56
23	24,14	23	25,82	23	27,74
24	24,21	24	25,93	24	27,9
25	24,27	25	26,02	25	28,04
26	24,32	26	26,1	26	28,18
27	24,38	27	26,18	27	28,3
28	24,42	28	26,25	28	28,42
29	24,46	29	26,31	29	28,52
30	24,5	30	26,37	30	28,62
31	24,53	31	26,43	31	28,71
32	24,57	32	26,47	32	28,79
33	24,6	33	26,52	33	28,87
34	24,62	34	26,56	34	28,94
35	24,65	35	26,6	35	29,01
36	24,67	36	26,63	36	29,07
37	24,69	37	26,67	37	29,13
38	24,71	38	26,7	38	29,18
39	24,73	39	26,73	39	29,23
40	24,74	40	26,75	40	29,28
50	24,86	50	26,94	50	29,62
100	25,02	100	27,21	100	30,13

Exemplo 3:

Qual a EPR para o caso do exemplo 1, se ao invés de ar livre o evento fosse realizado em um ginásio de esportes com reverberação por volta de 3 segundos ?

Dados:

ΔD2 para 60 metros = 27,21 dB

TMP = 10 dB

sensibilidade = 98 dB

nível desejado = 85 dB

Resposta:

$$EPR = 10^{\left(\frac{85 + 10 + 27{,}21 - 98}{10}\right)} = 263{,}63 \text{ Watts}$$

6 - ELIMINAÇÃO DE RUÍDO

Os ruídos que ocorrem em um sistema de som podem ser principalmente originados por interferência de RF, ruídos da rede elétrica C.A., ruídos gerados por instrumentos, equipamentos e cabos com defeito ou de baixa qualidade e instalações precárias do sistema.

6.1 - Interferência de RF

Ocorre quando ondas de rádio frequência são captadas e detectadas em algum ponto do sistema de som.

Causas

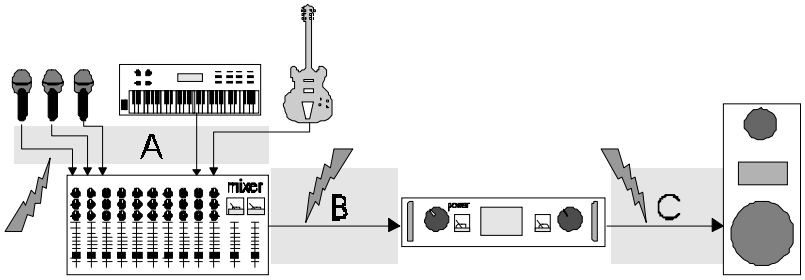
Plugs oxidados ou com "mau contato".

Cabos de baixa qualidade ou sem blindagem.

Equipamentos com defeito.

Proximidade de estações de rádio ou torres de repetição de R.F.

Aterramento inadequado ou inexistente.



captação de R.F. em vários pontos do sistema de som

Na figura anterior vemos destacadas 3 regiões que representam diferentes pontos do sistema onde podem ocorrer captação de R.F.

Região A: o ruído penetra no sistema pelos instrumentos, cabos ou plugs antes de entrar na mesa de som. Neste caso, para determinar a origem do ruído, basta desconectar os cabos um a um até achar a fonte do ruído. Quando a captação de R.F. ocorre neste estágio, será claramente percebido pelos ouvintes pois será amplificado pelo próprio ganho da mesa de som e ainda passará por uma amplificação no amplificador.

Região B: o ruído é captado nos cabos ou nas conexões entre a mesa de som e o amplificador ou pela própria mesa. Neste estágio, o ruído de R.F. ainda será prejudicial pois sofrerá uma amplificação antes de chegar às caixas acústicas.

Região C: O ruído é captado pelos cabos que alimentam as caixas acústicas. Neste caso os sinais de R.F. não serão amplificados, não representando assim qualquer problema, pois os sinais elétricos enviados pelo amplificador para as caixas acústicas são muito mais intensos que os sinais de rádio. Por esse motivo os cabos que ligam as caixas acústicas aos amplificadores não precisam ser blindados.

Prevenção

Utilização de plugs de boa qualidade e revisão periódica dos mesmos com aplicação de anti-oxidantes adequados.

Utilização de cabos blindados de boa qualidade para conexões entre instrumentos, mesa de som, amplificadores e etc.

Plugs e cabos bem montados e bem soldados.

Utilização de sistema balanceado para sistemas com muitos instrumentos ou microfones.

Aterrar o sistema de som.

6.2 - Ruídos da rede elétrica C.A.

A energia elétrica que chega às nossas tomadas é uma corrente alternada com frequência de 60 Hz. Como 60 Hz é uma frequência que está dentro do espectro auditivo, qualquer "interferência" desta corrente em nosso sistema será reproduzido pelos alto-falantes como um som grave e constante.

Causas

Equipamentos com defeito na fonte de alimentação (os pedais de efeito, teclados e amplificadores de instrumentos são "campeões" nesta área).

Fiação da rede elétrica junto com cabos de sinal do sistema de som (não se pode utilizar o mesmo conduite para o som e para os fios elétricos).

Sistema com aterramento inadequado ou deficiente.

Utilização de cabos não blindados para ligações de equipamentos.

Prevenção

Utilização de fontes de alimentação de boa qualidade para pedais de efeito e instrumentos.

Instalações de som e eletricidade separadas.

Aterramento adequado dos equipamentos de som.

Utilização de cabos blindados para a interligação dos equipamentos de som.

6.3 - Sistema balanceado x não balanceado

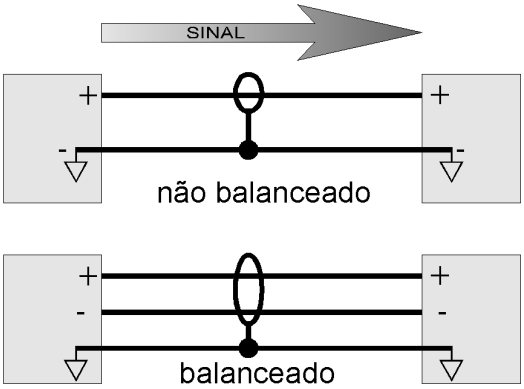
As entradas e saídas dos equipamentos de som podem ser balanceadas ou não balanceadas.

O termo balanceado se refere ao terra do sinal de áudio.

No sistema não balanceado, o condutor terra é utilizado para o retorno dos sinais elétricos, e por isso requer apenas dois condutores. Esses condutores são conhecidos como "**+**" e "**-**", sendo que o "**-**" é utilizado também como terra do sistema e como blindagem do condutor "+".

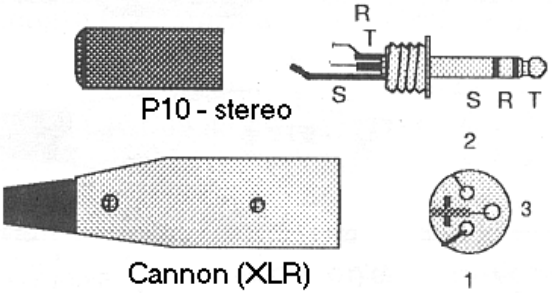
Já no sistema balanceado, o condutor que porta o sinal "+" e o seu retorno " -" são indepedentes do terra, e ambos são blindados pelo condutor terra. Este sistema requer três condutores ("+", " -" e terra).

O Esquema seguinte ilustra os tipos de ligações nos dois sistemas.

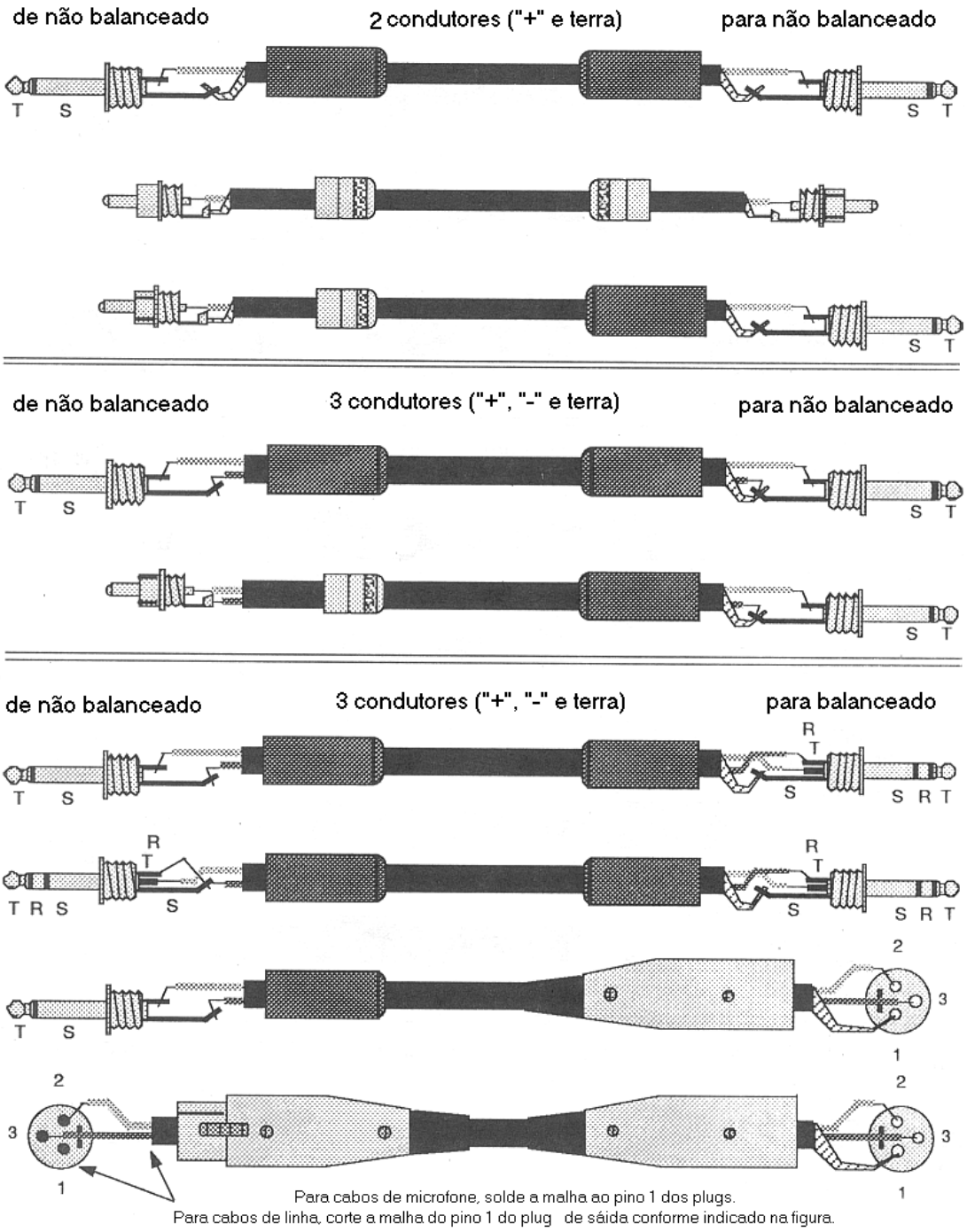


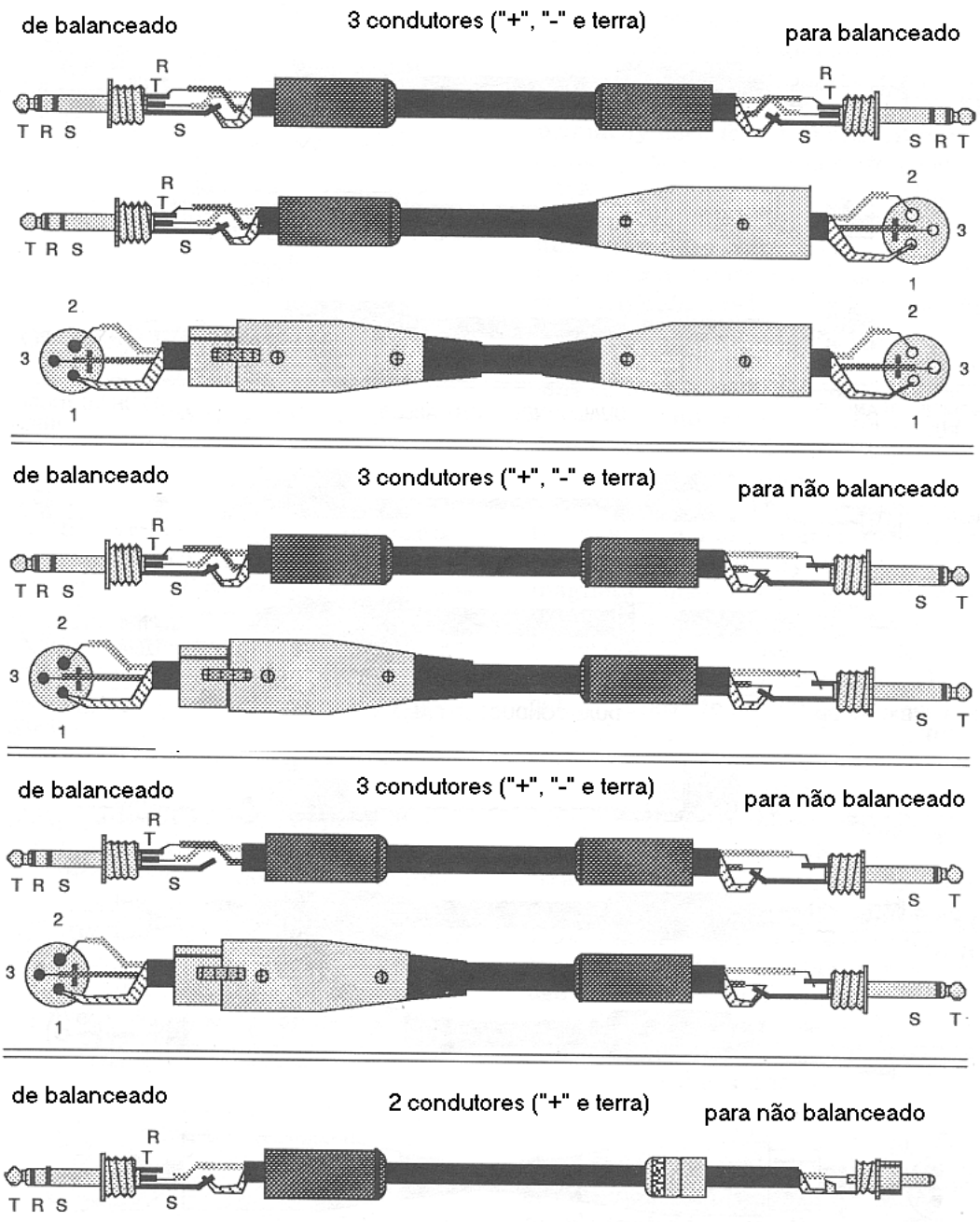
A técnica balanceada garante maior imunidade contra interferências de R.F. e de C.A. Quando o sistema é complexo (muitas entradas) e quando a distâncias entre a mesa de som e instrumentos ou microfones é superior a 10 metros, torna-se praticamente obrigatória a utilização deste sistema.

A figura abaixo mostra os plugs mais comuns para sistemas balanceados. Note que estes plugs tem 3 terminais para receber os sinais "+", " -" e terra.



A montagem dos cabos para microfones e equipamentos pode ser feita conforme as seguinte ilustrações:




de balanceado
3 condutores ("+", "-" e terra)
para balanceado
R
T
T R S
S
S R T
2
3
1
de balanceado
3 condutores ("+", "-" e terra)
para não balanceado
S T
de balanceado
3 condutores ("+", "-" e terra)
para não balanceado
de balanceado
2 condutores ("+" e terra)
para não balanceado

7 - EQUALIZAÇÃO

Como vimos anteriormente, os alto-falantes não reproduzem com a mesma eficiência a todas as frequências. Outro fato importante é que os ambientes fechados também respondem de forma diferente às diversas frequências ou seja, um determinado ambiente sempre irá reforçar algumas frequências e atenuar outras.

Equalizar significa alterar a resposta de frequência de um sistema para corrigir a resposta das caixas acústicas e do ambiente ou para criar um efeito específico no timbre do som.

Um sistema bem equalizado também estará menos propenso à microfonia, pois quando um sistema apresenta maior resposta em uma determinada frequência, é nessa frequência que ocorrera primeiramente a oscilação regenerativa.

Outro fato interessante é que o próprio ouvido humano responde de forma diferente as diversas frequências. A prática de ouvir som muito alto, deficiências no aparelho auditivo e a idade do indivíduo, acentuam ainda mais as irregularidades da audição.

7.1 - Como equalizar ?

Utilizar caixas acústicas com resposta de frequências adequadas (não tentar corrigir tudo nos equalizadores).

Conhecer os recursos dos equipamentos disponíveis no sistema.

Conhecer a curva de resposta do sistema de som no ambiente: utilização de equipamento analizador de spectro ("analizador de frequências").

Operar os equalizadores com a equalização da mesa "FLAT" (sem equalização).

Ajustar os equalizadores até obter a resposta desejada.

Utilizar a equalização dos canais da mesa somente para corrigir diferenças entre microfones ou para "realçar" o som de instrumentos.

Um sistema de som bem projetado não precisa de equalização para "consertar" o timbre dos instrumentos e da voz (se tivermos as caixas acústicas certas, na posição certa e num ambiente adequado acusticamente, o resultado sonoro será o desejado).