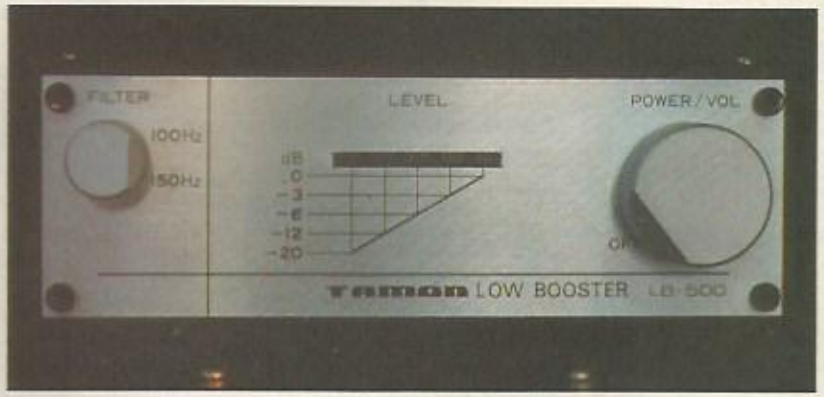
ELETRÔNICA

41 PASSO A PASSO Cr$ 5.100

Abril Cultural







MONTAGEM

EQUIPAMENTO DE SOM EM AUTOS

INSTRUMENTAÇÃO

CAIXAS ACÚSTICAS
O AMPLIFICADOR

Editor:
VICTOR CIVITA

Divisão Fascículos
Diretor-Gerente:
Roberto Martins Silveira

ELETRÔNICA
PASSO A PASSO

Conselho Editorial
Diretor Editorial:
Iara Rodrigues
Diretor de Arte:
Mauro Lemos
Assistente de Arte:
José Maria de Oliveira

Consultor:
João Antonio Zuffo - Professor titular do Departamento de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica da USP e Coordenador do Laboratório de Subsistemas Integráveis - LSI - da EPUSP - DE

Editor Técnico:
Eng.º Mathias M. Wolff - Diretor geral da Methodos Consultoria e Manutenção Eletrônica S/C Ltda.

Departamento Comercial
Gerente Comercial:
Joaquim Celestino da Silva
Gerente de Produção:
João Stungis
Gerente de Circulação:
Denise Maria Mozol

Execução Editorial
Estúdio Sonia Robatto Ltda.
Redação:
Zezé Gonçalves (edição)
Virginia Finzetto (secretária editorial)
Ismar Silva Leal (preparação de textos)
Arte:
Roberto Anselmo (chefe)
Airton Ortega de Almeida, Ana Maria Pinto (assistentes)
Serviços Editoriais Auxiliares:
Elvira de Bellis
Silvia Cristina D. Assumpção

Colaboração:
Assessoria Técnica: Eng.º Basílio A. Malvestio
Equipamento de som em autos: SHARP Indústria e Componentes Eletrônicos S/A
Tradução: Natale Vieira Danelli

COMPLETE SUA COLEÇÃO

Exemplares atrasados, até seis meses após o encerramento da coleção, poderão ser comprados, a preços atualizados, da seguinte forma:

1. **Pessoalmente**
Por meio de seu jornaleiro ou dirigindo-se ao Distribuidor Abril local, cujo endereço poderá ser facilmente conseguido junto a qualquer jornaleiro de sua cidade. Em **São Paulo**, os endereços são:

Av. Industrial, 117
Santo André
Rua Heliodora Ébano Pereira, 267
Lapa
Rua Brigadeiro Tobias, 773
Centro
e no **Rio de Janeiro**:
Rua Sacadura Cabral, 141
Centro
Rua da Passagem, 93
Botafogo
Rua Dr. Borman, 31
Niterói

2. **Por carta**
Poderão ser solicitados exemplares atrasados também por carta, que deve ser enviada para:

Abril S/A Cultural
Números atrasados - Distribuidora
Caixa Postal 60171,
São Paulo - SP

Não envie pagamento antecipado
O atendimento será feito pelo reembolso postal e o pagamento, incluindo as despesas postais, deverá ser efetuado ao se retirar a encomenda na agência do correio. Após seis meses do encerramento da coleção, os pedidos serão atendidos somente por carta dirigida a NÚMEROS ATRASADOS — DISTRIBUIDORA, dependendo da disponibilidade de estoque.

Obs.: quando pedir livros, mencione sempre o título e/ou o autor da obra, além do n.º da edição.

COLABORE CONOSCO

Encaminhe seus comentários, críticas, sugestões ou reclamações ao **Serviço de Atendimento ao Leitor** — Caixa Postal 9442, CEP 01327, São Paulo, SP. Telefone: (011) 288-6298. TELEX 01133670 ABSA.

NO PRÓXIMO NÚMERO:

MONTAGEM:
APRENDA A MONTAR O DETECTOR DE MOVIMENTOS, CAPAZ DE EVIDENCIAR A PRESENÇA DE PESSOAS DENTRO DE UM DETERMINADO RAIO DE AÇÃO.

INSTRUMENTAÇÃO:
VEJA COMO FUNCIONA O MOTOR E O SUPORTE, COMPONENTES FUNDAMENTAIS DO PRATO DE UM TOCA-DISCOS. SAIBA TAMBÉM COMO IDENTIFICAR AS CARACTERÍSTICAS QUE DETERMINAM A QUALIDADE DO PRATO.

CONHEÇA COMO FUNCIONA UM ESTÚDIO DE SOM E APRENDA TODO O PROCESSO QUE ENVOLVE A GRAVAÇÃO DE UM SHOW OU CONCERTO.

© Ediciones Nueva Lente, 1983
©Abril S/A Cultural, São Paulo, Brasil, 1984

Edição organizada por Abril S/A Cultural (art. 15 da Lei 5988, de 14/12/1973).
Esta obra foi integralmente impressa na Divisão Gráfica da Editora Abril S/A

MONTAGEM

EQUIPAMENTO DE SOM EM AUTOS

O sistema estereofônico no automóvel, mesmo não alcançando, na maioria dos casos, a confiabilidade de um sistema hi-fi residencial, é responsável por momentos de grande satisfação. A seguir, alguns conselhos para uma boa instalação.

Os sistemas de áudio para automóveis têm inúmeras características que os diferenciam dos sistemas utilizados para outras finalidades. Essas características são decorrentes do interior do veículo. De fato, o espaço interno do carro é considerado como uma pequena sala de som, mesmo que, na maioria dos casos, ele não tenha sido projetado para essa aplicação. Porém, como hoje muitos motoristas possuem um equipamento de áudio — desde pequenos rádios até instalações mais sofisticadas —, é do interesse do usuário conhecer as condições às quais os equipamentos de áudio para automóveis estão subordinados. São as seguintes:

- sistema mecânico robusto;
- nível de ruído ambiente;
- condições acústicas.

Sistema mecânico robusto: é necessário que o aparelho a ser instalado possua uma resistência mecânica adequada, devido às diferentes solicitações ou vibrações mecânicas que se produzem no decorrer do movimento do veículo: aceleração, freadas, vibrações, etc. Essas solicitações exigem um projeto muito cuidadoso dos dispositivos de fixação e dos componentes.

Nível de ruído ambiente: quando o automóvel está parado, com o motor desligado, um mínimo de potência é suficiente para sonorizar o veículo. Por outro lado, quando o motor está ligado, a potência deve ser duplicada ou triplicada e é preciso, também, considerar o ruído produzido pelo vento sobre a carroceria. Por essas razões, a potência utilizada deve ser maior.

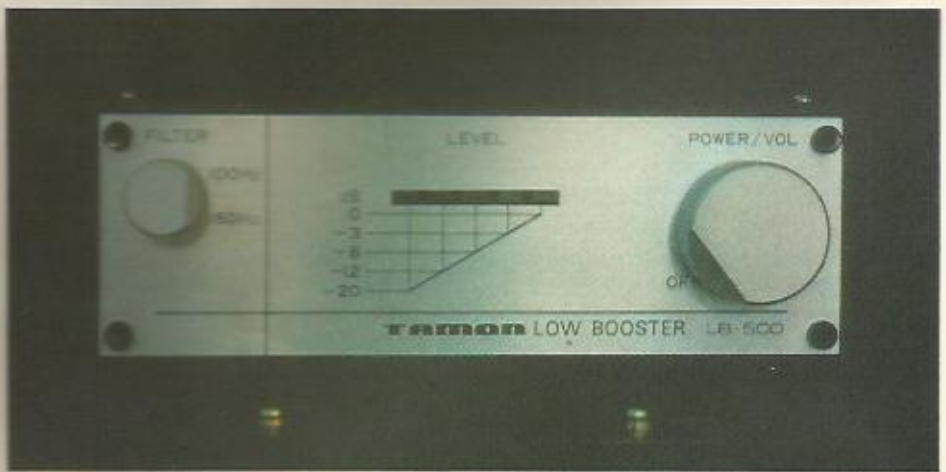
Condições acústicas: como foi dito, a parte interna de um veículo não tem uma boa acústica. Há problemas consideráveis, muito maiores de que os de uma sala de som.

Como a escolha do equipamento de áudio deve recair sobre modelos com uma mecânica robusta, e que sejam de marcas confiáveis, buscaremos solucionar dois problemas restantes, tentando alcançar a solução mais satisfatória possível.

Para encobrir o ruído ambiente que existe nos automóveis, é preciso, ter uma relação sinal-ruído suficientemente elevada. Como a maioria dos veículos tem um nível de ruído ambiente muito elevado, principalmente em altas rotações do motor, quando se prescinde do sistema de sonorização proposto pelo fabricante, tem-se a necessidade de uma potência de saída relativamente elevada para que a condição de audibilidade seja suficientemente boa. Isso requer potências que variam entre 10 W e 40 W. Por isso, apareceram no mercado equipamentos finais (***boosters***, em inglês), cuja função é amplificar a potência de saída. Eles devem ser instalados entre o equipamento de áudio e os alto-falantes. Assim, proporcionam a potência necessária em condições acústicas não-ideais.

Como se tratam de amplificadores comuns, a sua qualidade é caracterizada principalmente pelo desempenho. A distorção é compreendida entre 0,2% e 0,5%, e a largura de faixa vai de 40 Hz a 15 KHz. Por outro lado, pelas limitações dos alto-falantes, é inútil pretender qualidades excepcionais desses





ACIMA: amplificador de potência para automóvel, tipo booster. Esse aparelho compreende um filtro para equalização.

AO LADO: sistema de fixação de um alto-falante no painel.

aparelhos, sobretudo na área das baixas freqüências, pois, na prática, não seriam aproveitadas, devido à falta de caixas acústicas adequadas.

O último dos requisitos, referente às condições acústicas do interior do veículo, é resolvido, na maioria das vezes, com a ajuda de **equalizadores**. Esses aparelhos têm, muitas vezes, associado o booster, mas são encontrados também como equipamentos independentes. Nesse caso, recomendamos o chamado de **equalizador gráfico**.

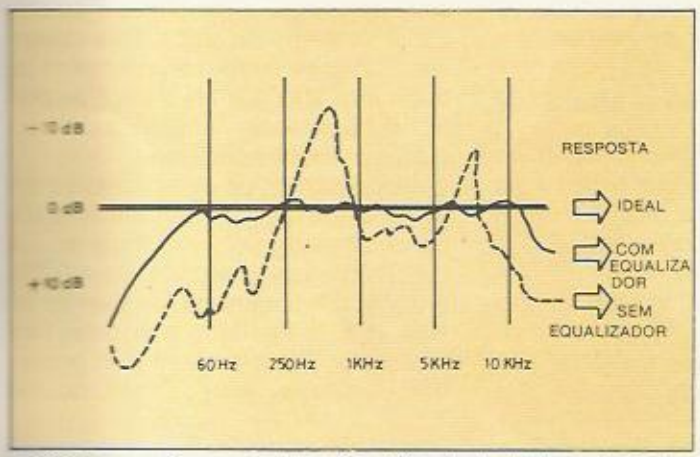
Com esse aparelho, será possível corrigir a acústica do interior do veículo, na medida do possível, preenchendo as suas deficiências sonoras. Os materiais presentes dentro do automóvel comportam-se de forma heterogênea e, à medida que a tapeçaria, os revestimentos e as pessoas são, na maioria das vezes, suficientemente absorventes, os cristais e as partes metálicas refletem muito o som. Por essa razão, a resposta em freqüência apresenta áreas de forte atenuação. Isso se torna um fator importante para a instalação de um equalizador.

Os equalizadores gráficos intervêm em diferentes faixas de freqüência, corrigindo os defeitos citados com cinco comandos que agem sobre 60 Hz, 250 Hz, 1 KHz, 3,5 KHz e 10 KHz, mesmo que modelos mais sofisticados disponham de sete ou mais freqüências para cada canal. O ajuste correto desses aparelhos, para adaptá-los às características acústicas de cada automóvel, deve ser efetuado com a ajuda de instrumentos de bancada, para dar os melhores resultados. Porém, devido ao custo, é preferível executar os ajustes pelo ouvido, modificando as freqüências de forma aproximada para corrigir suas anomalias mais evidentes.

Não devem ser esquecidos, ainda, os **difusores acústicos**, pois não adianta nada ter um bom equipamento de áudio se ele não estiver acompanhado por alto-falantes de boa qualidade colocados no lugar correto no interior do veículo. Antes de mais nada, a potência de saída do amplificador deve ser elevada e os alto-falantes devem oferecer os mesmos requisitos de potência dos demais aparelhos.

Os alto-falantes que costumam ser usados são construídos para superar os inconvenientes a que são submetidos em um espaço reduzido, para poderem desenvolver uma timbrica adequada. Um dos mais sérios problemas que apresentam é o das suas dimensões, pois eles não podem ser grandes e, ao mesmo tempo, devem absorver potência suficiente para proporcionarem a qualidade necessária.

Em decorrência das características do interior do veículo, as altas freqüências são de difícil reprodução e os alto-falantes têm exatamente nesse aspecto um dos seus pontos fracos. Para resol-



ACIMA: curva de resposta em freqüência do sistema de trabalho do equalizador. Esse aparelho compensa as irregularidades produzidas no interior do veículo.



ACIMA: vários modelos de alto-falante para automóvel, juntos com o amplificador tipo booster. Admitem potências que oscilam entre 20 W e 50 W.

ABAIXO: equalizador gráfico especificamente projetado para automóvel.



ABAIXO: outro modelo de difusor, que se destina à montagem na tampa traseira.



ABAIXO: esta caixa pode ser montada nas portas dianteiras do veículo.



ver o problema, recorre-se a difusores de dois ou três canais, que apresentam duas formas de fixação: encaixados ou em superfície. As dimensões dos alto-falantes são reduzidas com a utilização de ímãs poderosos. As membranas, as suspensões e os cones têm uma construção extremamente elaborada para a reprodução adequada de uma ampla faixa de freqüências. Geralmente, os alto-falantes são construídos com cone duplo, pois reproduzem melhor as freqüências elevadas. Nos modelos sofisticados, são disponíveis três canais, para baixos, médios e agudos, com filtros de cruzamento de faixas.

A instalação dos alto-falantes no automóvel inclui a ligação entre os alto-falantes e a colocação em fase dos mesmos. Isso deve ser feito recorrendo-se às mesmas regras das instalações convencionais.

Os difusores podem ser instalados nos lados do painel dianteiro, sobre a tampa traseira ou sobre as portas dianteiras. Para reproduzir melhor os sons altos, a solução mais adequada é colocar os difusores no painel, mesmo que a instalação seja mais complicada. Caso se escolha a parte baixa do painel, o som será mais natural, mas os ocupantes dos assentos traseiros receberão o sinal de forma muito atenuada. A fixação sobre a tampa traseira permite aumentar, em muitos casos, a eficiência do alto-falante, devido aos efeitos de reflexão, mas o som não é direto. Nas portas dianteiras, a passagem dos cabos é relativamente difícil e a instalação é um tanto complicada. Além disso, há problemas de reflexão da onda posterior sobre o lado interno da lâmina externa da porta, caso não seja isolada com um bom absorvente acústico.

Levando-se em consideração tudo o que foi exposto, a melhor solução é a instalação de dois pares de alto-falantes (ou caixas acústicas), colocando um par no painel dianteiro e o outro par sobre a tampa traseira, que é o painel que cobre o porta-malas.

Como exemplo típico de um equipamento de áudio para automóveis, vamos descrever um auto-rádio AM-FM com toca-fitas, fabricado pela Sharp S/A e comercializado no Brasil.

Esse aparelho possui uma tecla denominada APSS (***Auto Program Search System***, em inglês) que, quando acionada, localiza na fita o intervalo entre duas músicas, garantindo o reinício imediato da música que se quer ouvir.

NOÇÕES TEÓRICAS

Gravação ótica do som

O sistema de gravação ótica do som, com meios completamente fotográficos, foi desenvolvido a partir das necessidades que surgiram com o aparecimento dos primeiros filmes cinematográficos, pois eles precisavam ter uma perfeita sincronização entre imagem e som.

Fundamentalmente, o sistema traz o sinal sonoro até uma fonte de emissão luminosa da filmadora e o modula em intensidade para obter uma "fotografia" do sinal, sobre as faixas laterais que as películas possuem.

Há métodos específicos para a obtenção da gravação ótica do sinal sonoro. Os dois principais são baseados no sistema de impressão de uma emulsão fotossensível, de forma mais ou menos intensa, obtendo um enegrecimento proporcional à intensidade luminosa.

O método de densidade variável muda a quantidade de luz, que é levada até a película, em função do sinal de áudio a ser reproduzido. Deve-se fazê-lo passar por um caminho de dimensões determinadas, o que provoca um efeito de enegrecimento sob a forma de linhas de largura fixa e espessura variável.

O método de área variável de luz que ilumina a película muda as dimensões das linhas de iluminação, em proporção ao sinal sonoro que se pretende registrar. Como a quantidade de luz não varia, obtém-se uma faixa com densidade constante e aspecto final de áreas brancas e pretas longitudinais separadas por uma linha em ziguezague, que contém a modulação.

Além desses dois métodos, existe uma série de variações que introduzem melhorias para uma reprodução mais fiel e com menos ruído. Uma das modificações consiste em efetuar uma gravação bilateral de área variável. Nesse caso, quando não há som a ser gravado, toda a largura da faixa é enegrecida, com exceção de uma pequena linha central que permanece branca. Quando chega um sinal de áudio, esse raio alarga-se em ambos os lados, em intervalos regulares definidos pelo sinal.

Outro método é o unilateral, com o qual, na ausência de som, tem-se uma meia faixa branca e uma faixa preta. Com a modulação de áudio, a linha central de separação entre as duas áreas ondula-se, seguindo o sinal. Nos dois casos, a amplitude máxima de modulação permitida é limitada pela largura da pista reservada ao sinal sonoro.

Outro método é o duplex, com o qual se divide a pista de gravação do som em duas partes. Em cada uma delas, pode-se modificar a largura ou a área branca de forma unilateral ou bilateral, com resultados semelhantes aos demais sistemas. A vantagem fundamental desse método é que, durante a gravação, necessita-se de um deslocamento menor do instrumento mecânico específico, com distorções consideravelmente menores.

Há, ainda, outros métodos, derivados do método de densidade variável, entre os quais podemos mencionar o método monopista — que utiliza todo o espaço destinado ao sinal sonoro — e o método de duas pistas — em que a faixa é dividida em duas metades, moduladas com fases opostas, de forma que, quando uma delas tende a enegrecer, a outra tende a ficar clara. Por esse motivo, esse método é também chamado de gravação em contrafase.

MONTAGEM

Essa tecla funciona tanto no avanço como no retrocesso da fita. O aparelho também é dotado do sistema AUTO-REVERSE, que faz a fita mudar de lado automaticamente quando ela chega ao fim. Esse sistema elimina a necessidade de retirar e recolocar a fita quando se quer ouvir o outro lado.

O AUTO-LOADING é outra característica do aparelho: colocada a fita, ele se encarrega de introduzi-la e ejetá-la.

O rádio desse aparelho possui duas faixas de ondas, AM e FM estéreo. Quando em FM, um circuito elimina o aumento repentino de ruídos, normalmente causados por edifícios, montanhas, etc. Para eliminar a estática causada por ignição, bateria e mesmo por outros carros, o rádio possui, ainda, um supressor de ruídos automático, a fim de melhorar a recepção em FM.

O aparelho também dispõe de controle de graves e agudos com parada central, controle de balanço, ajuste do trimmer para maior rendimento da antena, seletor de banda e a tecla PROGRAM para inverter o lado da fita em qualquer ponto.

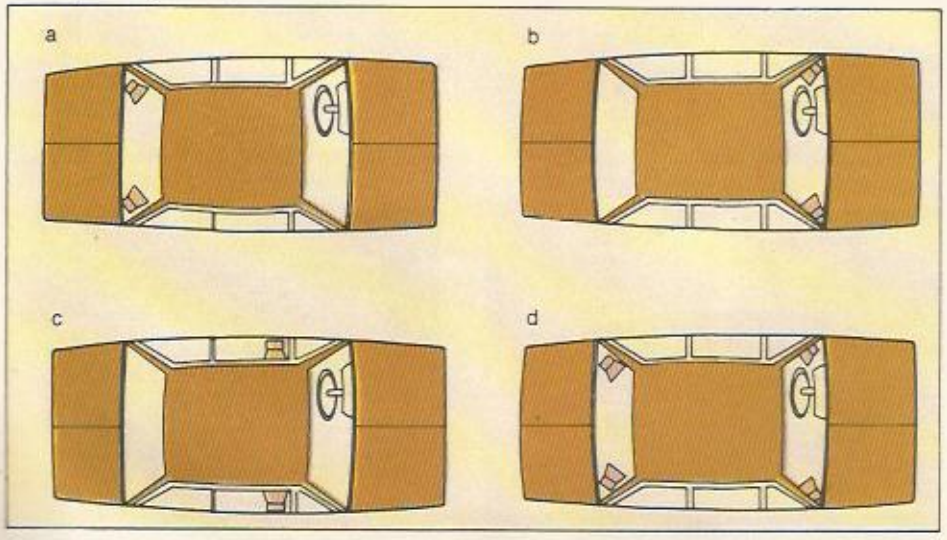
As especificações técnicas, fornecidas pelo fabricante, são as seguintes:

- Faixa de sintonia:
  AM - 525 KHz a 1605 KHz;
  FM - 87,6 KHz a 108 KHz.
- Tensão de alimentação: 12 V.
- Potência de saída:
  máxima = 16 W (8 W + 8 W);
  RMS = 10 W (5 W + 5W).
- Impedância de saída:
  4 Ω.
- Dimensões:
  largura = 178 mm;
  altura = 44 mm;
  profundidade = 148 mm.
- Peso: 1,6 Kg.



ACIMA: modelo comercial de um auto-rádio AM-FM com toca-fitas.

ABAIXO: maneiras de se colocar os alto-falantes em um automóvel: a) na tampa traseira; b) no painel dianteiro; c) nas portas dianteiras; d) um par na tampa traseira e outro par no painel.



Deve-se fazer alguma exigência mecânica em relação aos equipamentos de áudio para automóveis?
Sim; esses equipamentos de áudio devem possuir um sistema mecânico robusto, devido às diferentes vibrações mecânicas que são produzidas quando o veículo está em movimento.

A parte interna do carro possui uma boa acústica?
Não. Existem dois problemas graves: o ruído ambiente e a resposta de freqüência. A maioria dos veículos possui um nível de ruído ambiente muito elevado, proveniente do motor, da carroçaria e do vento. Os materiais presentes dentro do automóvel comportam-se de forma heterogênea: enquanto a tapeçaria e os revestimentos absorvem o som do aparelho de áudio, as partes metálicas do carro refletem o som. Por essa razão, a resposta em freqüência apresenta áreas de forte atenuação.

Para que servem os equalizadores gráficos?
Os equalizadores gráficos melhoram a resposta em freqüência dos equipamentos de áudio. Esses equalizadores intervêm em diferentes faixas de freqüência, corrigindo os problemas decorrentes da absorção e da reflexão do som dentro do carro.

Para que servem os difusores acústicos?
Em decorrência das características do interior do veículo, os alto-falantes encontram dificuldade na reprodução de sons de alta freqüência. Para resolver o problema, recorre-se a um difusor de 2 ou 3 canais.

Existem algumas observações especiais para a ligação dos alto-falantes no interior do automóvel?
Não; deve-se recorrer às mesmas regras das instalações convencionais.

Quais são as principais características técnicas dos *boosters* utilizados no equipamento de áudio para automóveis?
A distorção é compreendida entre 0,2% e 0,5% e a largura de faixa vai de 40 Hz a 15 KHz.

CAIXAS ACÚSTICAS (2)

Continuaremos analisando outros aspectos e fatores técnicos que determinam ou, pelo menos, condicionam o funcionamento das caixas acústicas. Deles, depende o bom desempenho desses componentes indispensáveis ao aparelho de som. Assim, é importante que você os conheça detalhadamente.

No capítulo anterior, vimos que todas as faixas de freqüências do espectro audível são separadas em apenas duas ou três faixas independentes e a reprodução dos sons de cada faixa fica a cargo de alto-falantes distintos (também dois ou três). Agora, veremos qual o elemento que encaminha os sinais sonoros das diferentes freqüências pelas suas respectivas vias no alto-falante das caixas acústicas. Esse elemento é o filtro divisor.

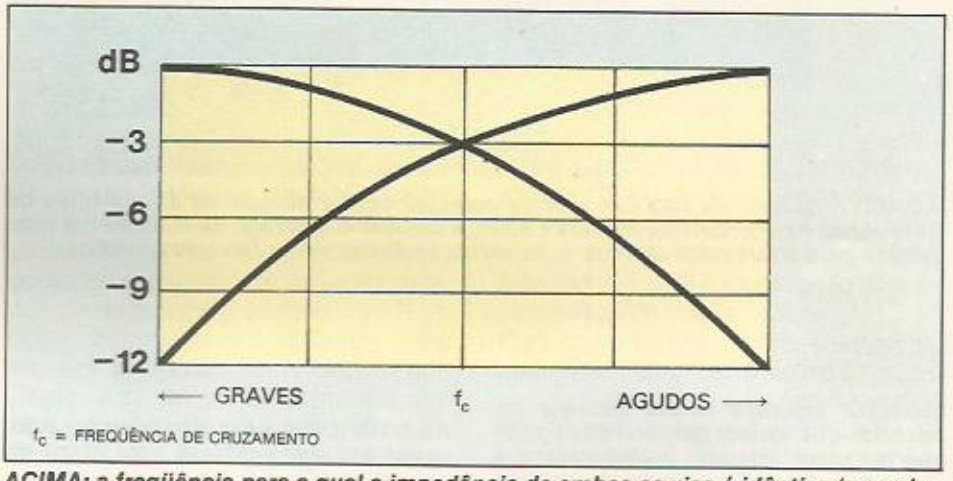
Os filtros divisores

As caixas acústicas que possuem mais de uma via (ou duto) com alto-falantes sempre dividem o espectro audível em várias partes. Essa divisão não é feita através da freqüência de corte natural dos alto-falantes, mas através de filtros, com a participação da parte elétrica. Assim, a cada um dos alto-falantes chega apenas uma determinada faixa de freqüências, que ele está capacitado a reproduzir.

Uma das razões para que os alto-falantes ajam assim é o fato de evitar interações e interferências entre dois alto-falantes que poderiam reproduzir um sinal de mesma freqüência. Outra razão é reduzir possíveis distorções provocadas pela incapacidade de um dos alto-falantes em reproduzir determinadas freqüências. Uma razão prática é o fato de que, se mandarmos a um alto-falante um sinal que, com certeza, ele não conseguirá reproduzir em perfeitas condições, teremos um aumento de distorções na reprodução do sinal. Além disso, existem razões, que poderíamos chamar de elétricas, relacionadas com a impedância do conjunto.

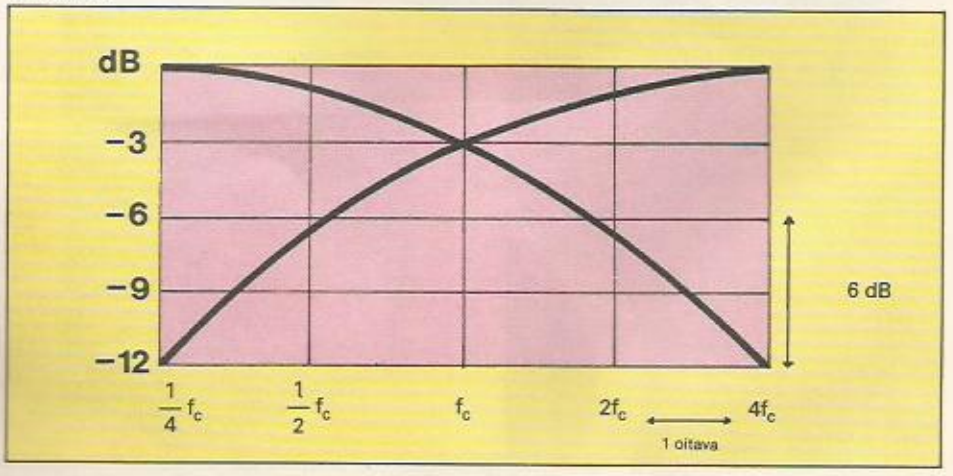
Dessa maneira, é necessário um elemento que separa os sinais de diferentes freqüências em tantos caminhos quantas forem as vias da caixa acústica. Esse elemento é denominado filtro divisor ou separador de freqüências (***crossover network*** ou ***crossover filter***, em inglês). Os alto-falantes do tipo axial necessitam de um filtro divisor. Teoricamente, esse filtro deveria separar o espectro, como um todo, em partes totalmente independentes. No entanto, a realização prática de tais filtros é impossível.

Os filtros empregados podem ser de dois tipos: passivos e ativos. Os filtros ativos utilizam as propriedades de transistores e circuitos integrados, com as quais pode-se conseguir uma resposta sob medida para nossas necessidades. O principal problema que os filtros ativos apresentam é que só podem operar com sinais fracos. Portanto, estão impossibilitados de entregar potência,



ACIMA: a freqüência para a qual a impedância de ambas as vias é idêntica (em valor absoluto) recebe o nome de cruzamento. Acima dela, os sinais passam preferencialmente para o alto-falante de agudos, enquanto que abaixo dela, passam para o de graves.

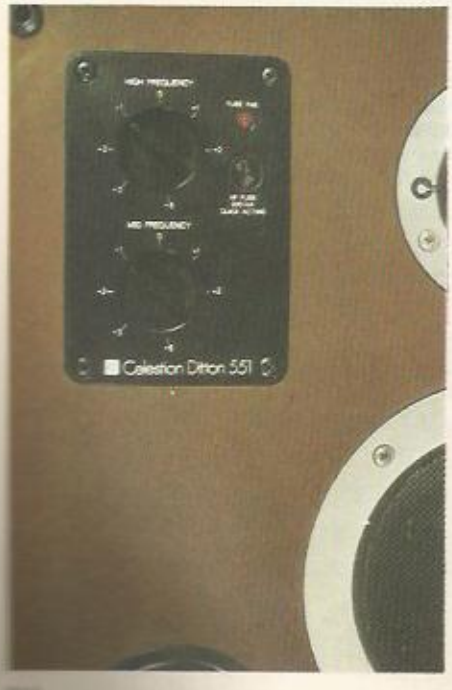
ABAIXO: um filtro de duas vias com um indutor e um capacitor atenua a faixa correspondente com uma rejeição de 6 dB/oitava. Isso significa que as atenuações correspondentes nos dois sinais (um com o dobro da freqüência do outro) diferenciam-se em 6 dB.



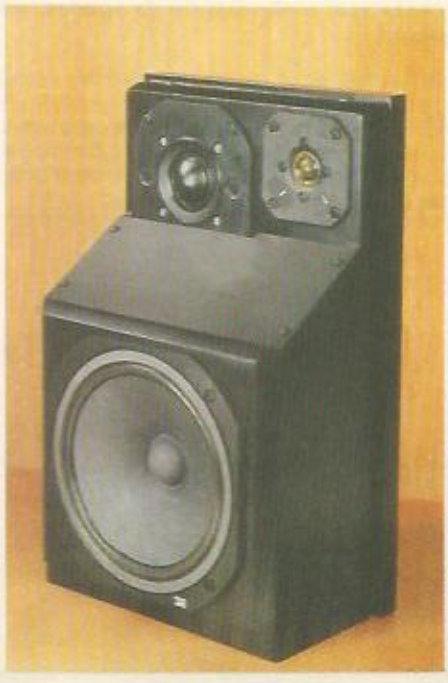


ACIMA: o número de vias não precisa coincidir com o número de alto-falantes de uma caixa. Para potências médias e altas, é comum o emprego de mais de um alto-falante para a faixa dos agudos e, às vezes, também para a faixa dos médios.

ABAIXO: algumas caixas incluem comandos que variam determinados parâmetros para integrar perfeitamente a caixa acústica ao ambiente de audição onde ela será instalada.



ABAIXO: caixa com alto-falantes colocados em fase acústica. Uma forma de conseguir essa colocação em fase é escalonar os alto-falantes no painel frontal.



mesmo que ela seja de valores baixos. São empregados sempre para separar as diferentes faixas de freqüência em níveis baixos de sinal (por exemplo, na saída de um pré-amplificador).

Os filtros passivos, ao contrário, empregam exclusivamente resistores, capacitores e indutores. São econômicos quanto à sua construção, fáceis de projetar, possuem utilização flexível e podem trabalhar com potências tão elevadas quanto se quiser. Não são perfeitos, mas seu uso se estendeu e, com maior ou menor sofisticação, são empregados em quase todas as caixas acústicas com mais de uma via.

Impedâncias

A impedância dos alto-falantes de uma caixa possui o mesmo valor para todos eles. Assim, e devido ao emprego de filtros, o amplificador que está ligado a uma caixa, em freqüências baixas, perceberá apenas a impedância relativa ao alto-falante de graves. Para a faixa de altas freqüências, o amplificador só perceberá a impedância do alto-falante de agudos. Para a faixa de freqüências intermediárias, os valores de impedância de uma das vias apresentarão valores intermediários (superiores aos valores de impedância dos alto-falantes). Mas, a impedância apresentada pela caixa, em relação ao amplificador, é constante em todas as suas faixas de freqüências, e igual à impedância de um dos alto-falantes.

Esse efeito não poderia ser conseguido ligando-se os dois alto-falantes em paralelo, na ausência do filtro. Além de alguns inconvenientes, o amplificador perceberia a impedância em paralelo dos dois alto-falantes, que, por ser a mesma para ambos, resultaria na metade para cada um. Isso pode trazer outros problemas, mas o que deve ser realçado é a conservação da impedância da caixa acústica igual à impedância de cada alto-falante, ao longo de toda as faixas de freqüências.

A rejeição dos filtros

Uma das características que um filtro deve possuir é a de permitir a separação total entre as faixas. Isto é: deveria existir uma freqüência intermediária, claramente definida, além da qual todos os sinais iriam parar no alto-falante de agudos, e abaixo da qual, no alto-falante de graves. Os filtros reais não possuem essa particularidade de rejeição de freqüências, já que a passagem

de um alto-falante para o outro é feita de forma gradual e não-brusca. Além disso, na faixa de mudança, o sinal que chega ao alto-falante correspondente não está com a sua amplitude integral, já que esta amplitude varia com a freqüência. Pode-se admitir uma situação análoga com a faixa que se quer atenuar: devido às características de rejeição do filtro, não se impede de forma brusca a passagem do sinal. Isso é feito progressivamente sem afetar de modo decisivo a operação do sistema.

Se projetamos um gráfico com as respectivas atenuações em cada uma das vias, observamos que, no ponto de cruzamento das duas vias, a transferência de sinal através de cada via é justamente a metade do máximo suportável por cada uma delas. Logo, a atenuação vai aumentando de modo constante, de forma que ela é o dobro quando a freqüência também dobra (no caso da via dos graves). Por outro lado, a atenuação dobra quando a freqüência cai para a metade (no caso da via dos agudos). Isso equivale a uma perda de 6 dB/oitava. A perda é conhecida como rejeição do filtro. Quanto maior for a rejeição do filtro (maior quantidade de decibéis por oitava), mais brusca será a separação entre as faixas e mais próximo o filtro estará do projeto ideal.

Pode-se dizer que a rejeição aumenta em 6 dB/oitava para cada par de capacitor-indutor empregado no filtro. Assim, são empregados, por exemplo, três capacitores e três indutores para se conseguir um filtro com rejeição de 18 dB/oitava.

Quando são utilizadas caixas para potências elevadas, necessita-se de mais de um alto-falante para irradiar determinada faixa de freqüência, principalmente no extremo dos agudos. Isso ocorre porque os alto-falantes empregados para a faixa de freqüências dos agudos são pequenos e frágeis. Portanto, a potência que admitem é pequena, necessitando de muitas unidades conetadas para conseguirem irradiar a potência requerida. Quando essas unidades não podem ser combinadas de forma que a impedância empregada pelo amplificador, para a faixa dos agudos, seja constante, são utilizados resistores, em paralelo ou em série, que conseguem manter constante a impedância.

Em certos casos, são usados resistores, para se fazer pequenos retoques na resposta das redes em cruz, que podem variar ligeiramente a sua rejeição ou freqüência de corte. Muitas caixas incorporam controles que fazem variar ligeiramente a resposta da caixa em algumas faixas de freqüência. Esses controles podem ser de variação contínua ou de passos discretos.

Esses controles são utilizados para adequar a resposta da caixa ao ambiente onde ela vai ser instalada. Assim, a caixa pode ser adaptada a condições físicas variadas, como o canto de uma sala ou uma parede ou sobre uma estante, atendendo às condições acústicas do local de escuta.

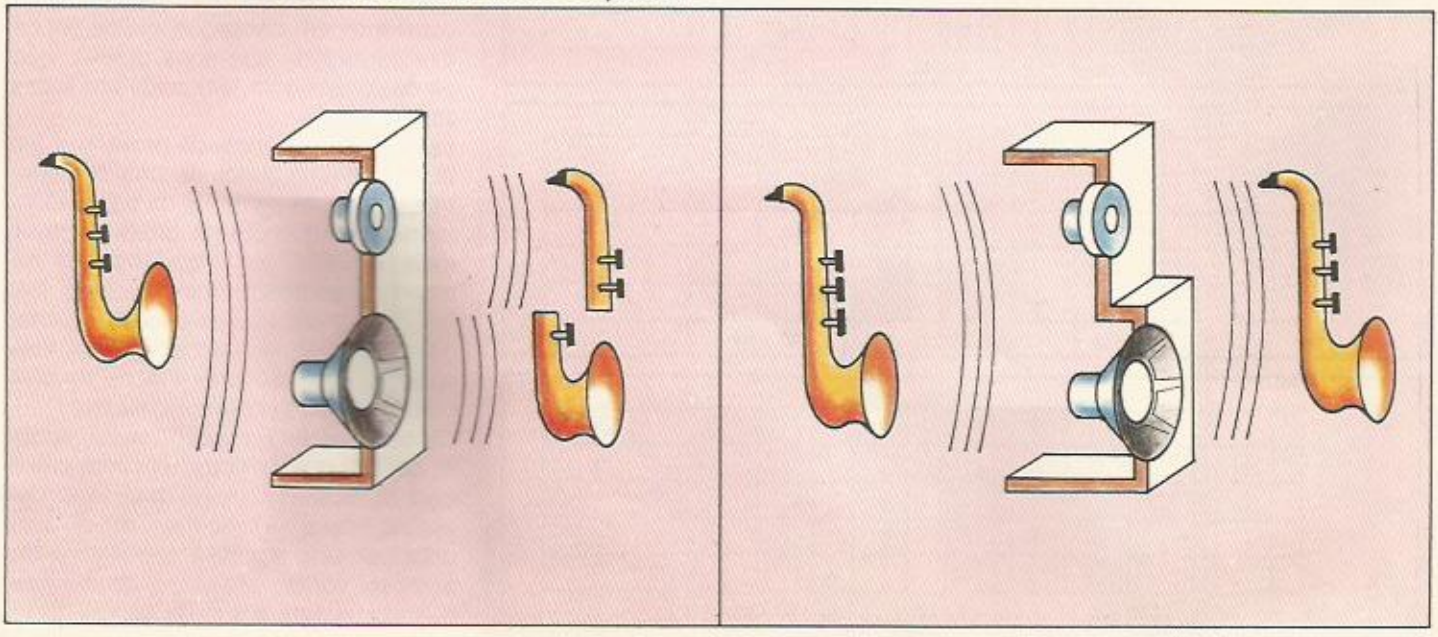
Devemos observar que não se pode confundir o número de vias de uma caixa com o seu número de alto-falantes. Uma mesma via pode incorporar mais de um alto-falante (em alguns casos, podem ser muitos; em caixas profissionais, podem ser empregados até oito ou dez alto-falantes em uma única via). Para potências baixas e médias, o número de alto-falantes e o de vias da caixa acústica costumam coincidir, porém, quando se trata de potências altas e elevadas, incorpora-se, em geral, mais de um alto-falante por via.

Colocação em fase acústica

Nas caixas acústicas atuais, os alto-falantes são colocados de forma que seus focos sonoros, que geralmente coincidem com a extremidade do cone do alto-falante, fiquem situados no mesmo plano vertical. A razão para essa disposição reside no fato de que, para as freqüências médias e elevadas (que correspondem às ondas de comprimento pequeno), os sinais podem chegar fora de fase a nossos ouvidos, fazendo com que a reprodução do som perca algo de sua fidelidade.

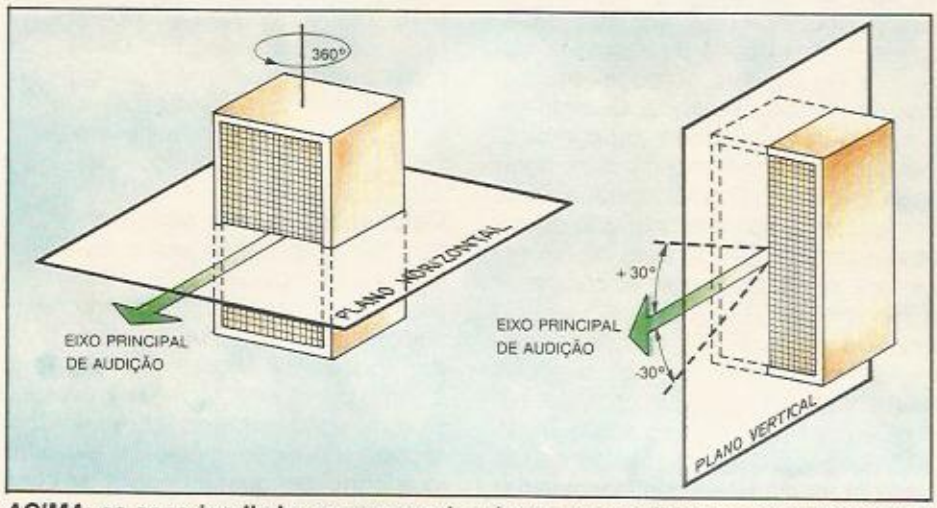
Para compreender melhor esse efeito, podemos utilizar um exemplo: suponhamos uma caixa cujo alto-falante de graves apresente uma distância de 12 cm entre o foco sonoro e o painel fron-

ABAIXO: efeito figurado do defasamento acústico. Quando os alto-falantes de uma caixa não estão colocados em fase acústica, podem ocorrer defasamentos entre os sinais emitidos pelos diferentes alto-falantes. Esse defasamento poderá, por exemplo, anular o som se as duas ondas forem de mesma amplitude.



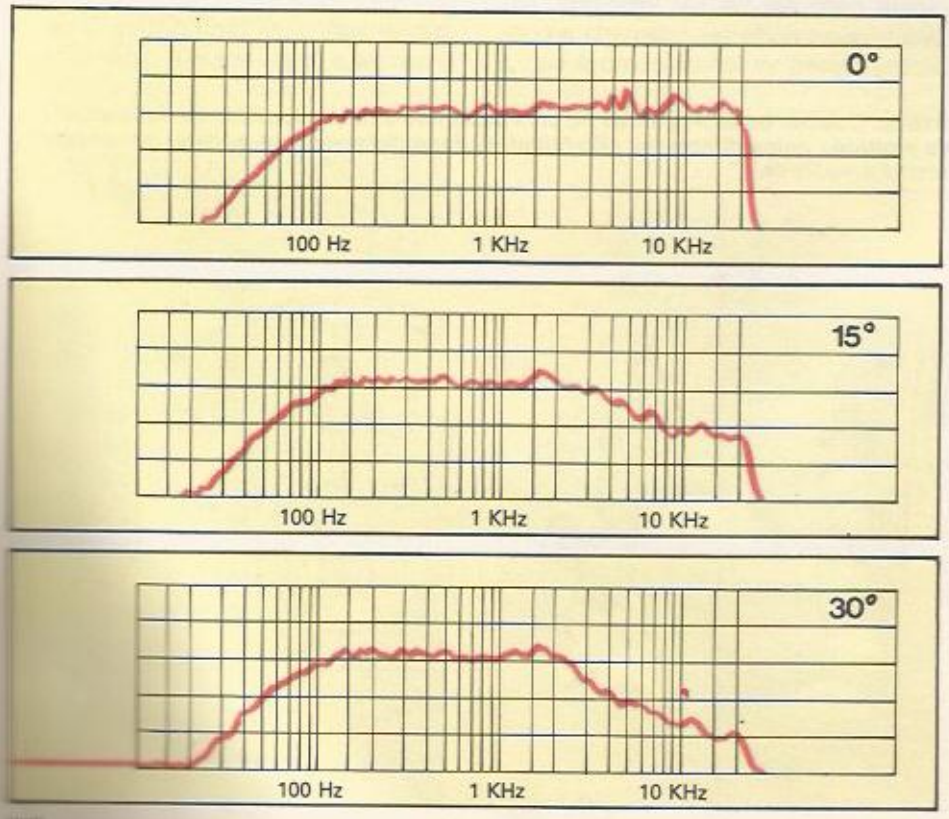
tal. Essa mesma distância, para o alto-falante de médios, é de 3,5 cm. Isso significa que, de cada duas ondas sonoras a caminho de nossos ouvidos emitidas pelos alto-falantes, a onda emitida pelo alto-falante de médios sai com 8,5 cm de dianteira sobre a onda emitida pelo alto-falante de graves, mas, na realidade, foram emitidas no mesmo instante.

Se a freqüência irradiada pelo alto-falante de médios for de 2 KHz, cujo comprimento de onda é de 17 cm, o semicomprimento de onda medirá 8,5 cm. Essa é, precisamente, a distância que a onda leva "de vantagem" sobre o som emitido pelo alto-falante de graves. Isso significa que as ondas chegarão em oposição de fase em relação ao instante inicial, desvirtuando o conteúdo do programa sonoro. Portanto, os alto-falantes de uma caixa devem irradiar a partir de um mesmo plano, denominado colocação em fase acústica. As caixas que incorporam essas características têm formato escalar (em degraus) ou piramidal.



ACIMA: os sons irradiados por uma caixa devem ser medidos no eixo principal de audição. Essas medidas também podem ser feitas no plano horizontal ou em uma região que envolve uma variação de 30° em torno do eixo vertical.

ABAIXO: às vezes, ocorre a resposta de freqüência de uma caixa para diferentes ângulos de separação em relação ao eixo. Quanto mais distantes estivermos desse eixo, mais pobre será a resposta em freqüências elevadas.



Direcionalidade

Quando falamos em resposta de uma caixa acústica, geralmente estamos nos referindo ao que é obtido no eixo principal de escuta. Quando nos deslocamos desse eixo para trás da caixa, percebemos que não ouvimos o som da mesma forma. Já falamos que os sinais sonoros possuem diferentes propriedades de propagação, dependendo de sua freqüência. Assim, as notas mais graves são pouco direcionadas, enquanto as agudas se propagam basicamente em linha reta.

Como tanto os graves quanto os agudos saem da caixa, devemos considerar em que grau essas notas são atenuadas quando saímos do eixo principal. Na prática, as medidas são feitas tanto no eixo horizontal como no vertical. No primeiro, as medidas são tomadas em todas as direções (nos 360° do plano). No segundo, as medidas só são feitas em um ângulo relativamente estreito, em torno do eixo principal (cerca de 30° em torno do eixo).

As medidas no plano horizontal são feitas para freqüências concretas. A amplitude de sinal medida é representada no diagrama polar. Examinando-se um desses gráficos, conclui-se que o sinal de freqüências baixas, medido em qualquer direção, é razoavelmente constante, em conseqüência da pouca direcionalidade dos sons graves, que se deslocam com facilidade em todas as direções.

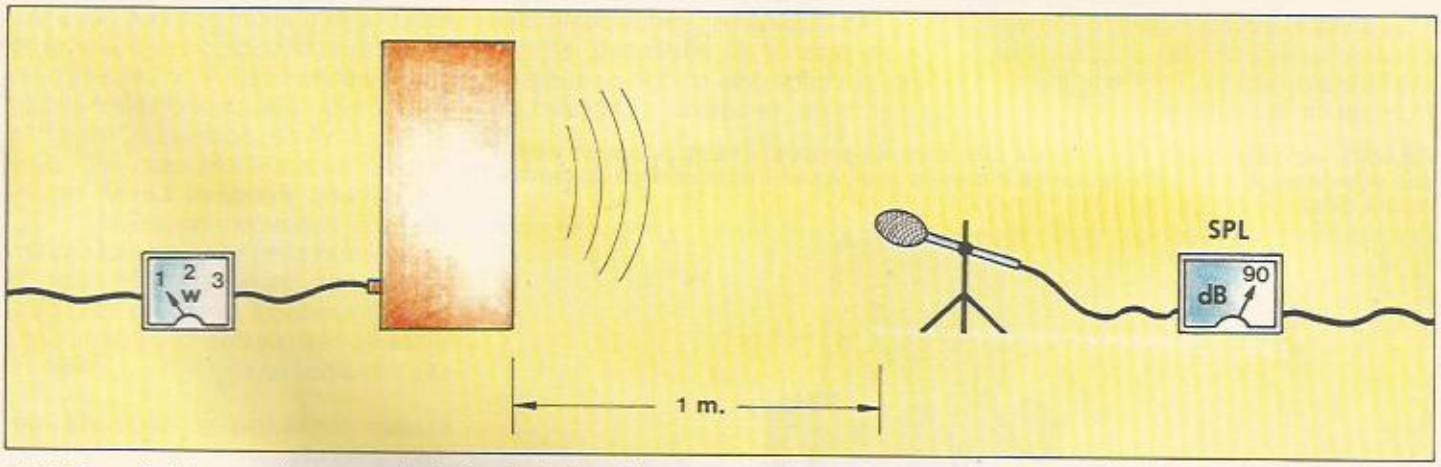
Quando a freqüência de prova aumenta, ocorre uma queda do sinal nas laterais e na parte posterior da caixa. Conforme a freqüência de prova torna-se mais elevada, as irregularidades no plano de audição tornam-se mais fortes, com grande perda quando se chega a 10 KHz, aproximadamente, freqüência que não chega a se irradiar para a metade posterior da caixa.

Da observação do gráfico polar, pode-se deduzir que, para escutar uma caixa com apreciável nível de qualidade, devemos ficar a 15°, no máximo, do eixo principal. Isso significa que a zona de audição ótima tem 1 m de largura quando se está a 2 m da caixa.

Em algumas ocasiões, em vez de um gráfico polar, é feita a curva de resposta da caixa para diferentes ângulos de separação em relação ao eixo principal. As medidas são dadas para 0° (isto é, o próprio eixo), 15° e 30° no plano horizontal. Comparando-se esses três gráficos, nota-se um empobrecimento nas respostas na zona de freqüências mais elevadas.

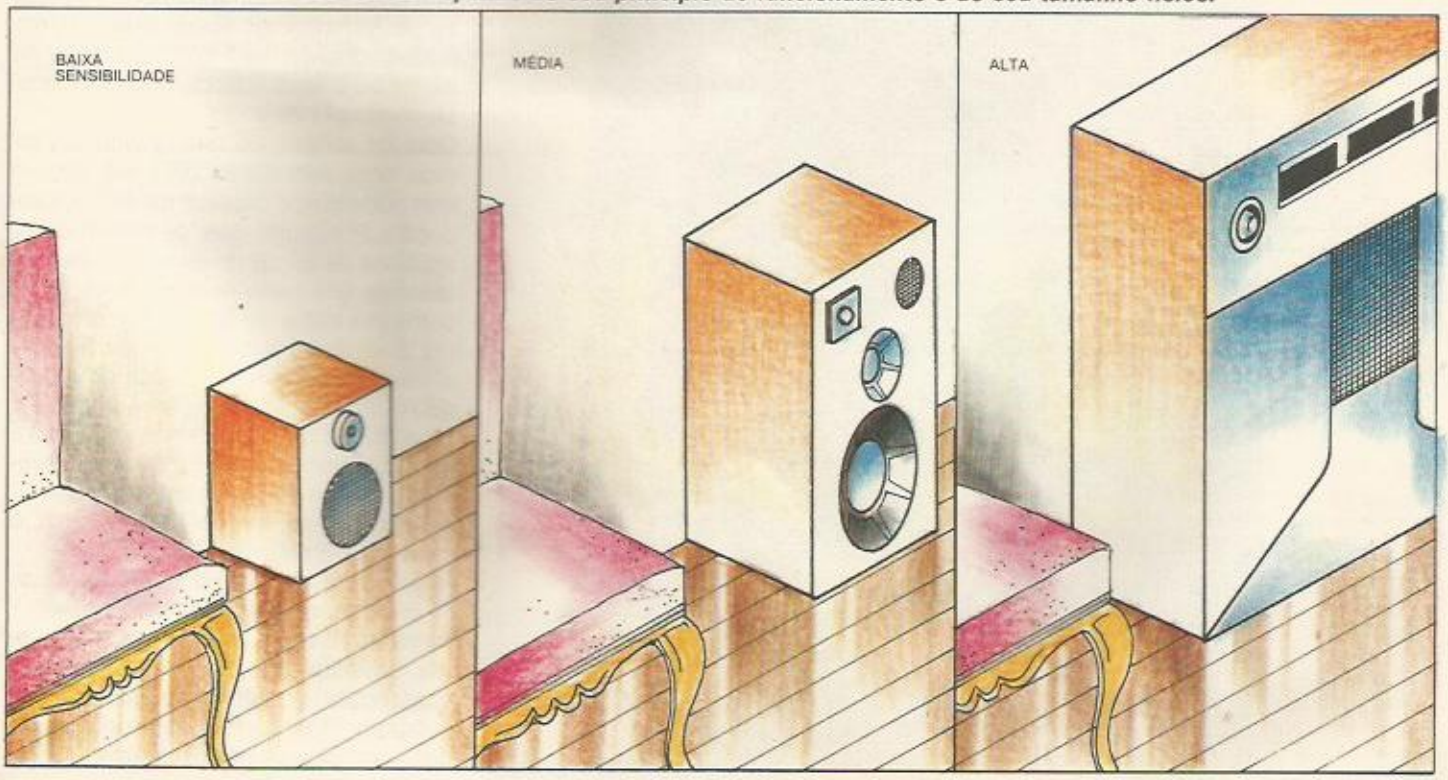
Por outro lado, as medidas feitas no plano vertical têm muita semelhança com as feitas no plano horizontal. Nesse caso, a resposta ótima de uma caixa pode não coincidir com o eixo principal. Se a caixa foi planejada para ser colocada no solo, a resposta ótima surgirá além do eixo de 0°; se a caixa está colocada sobre um móvel, a resposta ótima ficará abaixo do eixo de 0°.

Alguns modelos de caixas acústicas aproveitam o fenômeno de orientação das notas agudas para montar um difusor encarregado de sua radiação. Devido a recursos mecânicos, pode-se, então, escolher o eixo de audição ao critério do ouvinte. Em alguns casos, a caixa é, basicamente, um radiador de graves e médios, enquanto o alto-falante para agudos — ou o difusor corres-



ACIMA: o nível de pressão sonora, à distância de 1 m, dá uma noção de rendimento de uma caixa. É expresso em decibéis para uma referência fixa de pressão.

ABAIXO: a sensibilidade das caixas depende do seu princípio de funcionamento e do seu tamanho físico.



pondente — é colocado no exterior da caixa. Esse alto-falante desloca-se em torno de um eixo, e o ouvinte pode optar pela zona de audição ótima sem necessidade de mover a caixa. Outras caixas, aproveitando a facilidade que as notas agudas têm de ser refletidas por determinadas superfícies, permitem igualmente a seleção do eixo principal de audição.

Nos dois casos anteriores, os sons graves, apenas afetados pelo fenômeno da direcionalidade, são irradiados de modo independente, com um tipo comum de caixa acústica.

Rendimento e sensibilidade

O rendimento ou eficiência de uma caixa é a relação entre a potência que ela irradia e a potência que recebe. Assim, uma caixa que irradia 1 W quando recebe 50 W do amplificador, terá um rendimento de 1 : 50, o que é igual a 2%. Mesmo que possa parecer um baixo rendimento, há caixas que apresentam valores muito inferiores. Especificamente, as caixas de dimensões mais reduzidas (conhecidas como caixas de estante ou ***bookshelf***, em inglês), em geral, são do tipo de suspensão acústica, raramente alcançam um rendimento de 1%. O rendimento que se consegue com as caixas infinitas é um pouco maior; o rendimento será melhor ainda se for uma caixa reflex, sendo que os modelos que alcançam o ápice da eficiência são os que empregam cornetas especialmente desenhadas. Porém, em raros casos, chega-se ao valor de 10%.

É sempre conveniente ter uma noção exata do rendimento de uma caixa acústica. Um parâmetro que pode ajudar é a sensibilidade, ou seja, o nível de pressão sonora que é obtido a 1 m de distância da caixa, quando ela é excitada por 1 W de potência. O nível de pressão sonora é expresso pela sigla SPL (***Sound Pressure Level***, em inglês) e é medido em decibéis.

As caixas podem ser classificadas em três grupos, dependendo do valor de sua sensibilidade. Ainda que essa classificação seja puramente convencional, são admitidos os seguintes valores:

- baixo rendimento: sensibilidade inferior a 85 dB;
- rendimento médio: sensibilidade entre 85 dB e 93 dB;
- alto rendimento: sensibilidade superior a 93 dB.

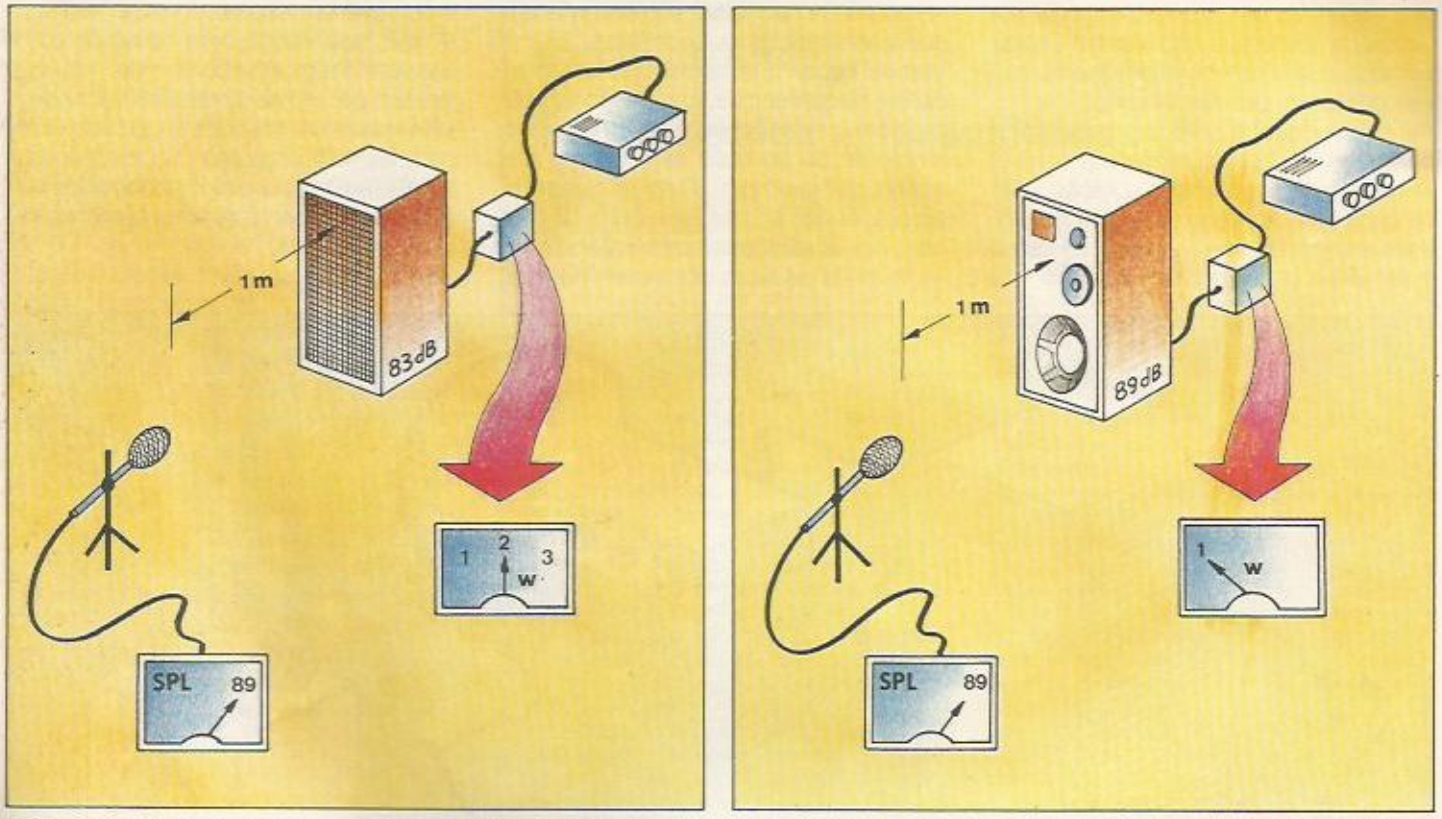
Não devemos confundir o rendimento (ou eficiência) e a sensibilidade de uma caixa com a qualidade de reprodução da mesma. Esses parâmetros só nos dão uma noção da capacidade da caixa de transformar sinais elétricos em ondas sonoras, sem que isso influa na maior ou menor fidelidade que se possa conseguir dela.

Com os valores da tabela anterior, temos uma estimativa do nível sonoro que poderemos esperar de uma reprodução. Fica claro que, com uma caixa acústica de 83 dB de sensibilidade, obteremos um certo nível de audição e, com uma caixa de 89 dB, manteremos um nível que é superior em 6 dB ao nível da caixa anterior. Um aumento de 6 dB no SPL dobra o nível de audição; isso significa que, excitando-se a caixa de 89 dB com 1 W de potência, obteremos o mesmo nível sonoro que seria conseguido se fornecêssemos 2 W à caixa de 83 dB.

Aí está a importância do rendimento de uma caixa, pois, ao comprar um equipamento novo ou apenas trocar as caixas, devemos nos lembrar que poderemos reduzir a potência de saída do amplificador. Também poderemos gastar dinheiro desnecessariamente, com-

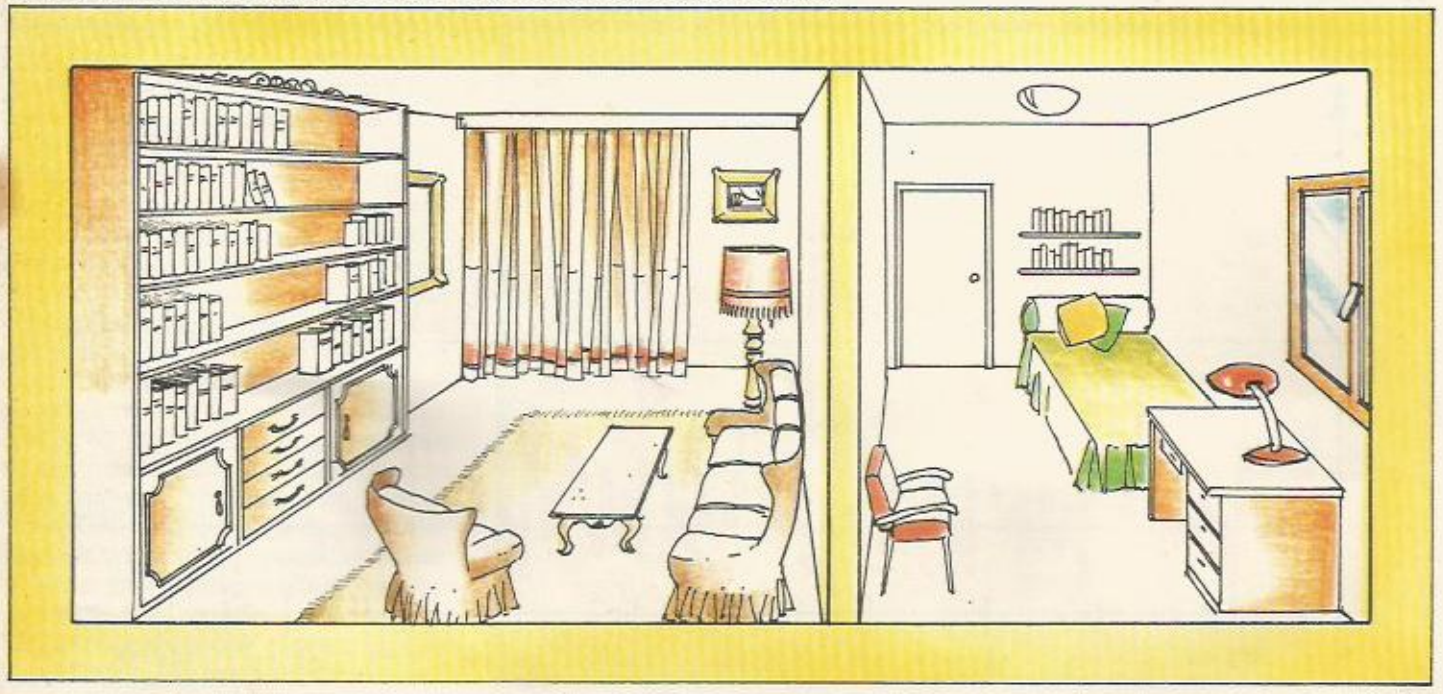
ABAIXO: algumas caixas incorporam difusores de agudos. Assim, podemos variar sua orientação e, conseqüentemente, o eixo de audição sem necessidade de movermos a caixa.





ACIMA: enviando-se potências diferentes a caixas com rendimentos diferentes, podemos conseguir o mesmo nível sonoro.

ABAIXO: o revestimento da sala de audição, o rendimento das caixas e o nível de audição desejado são os fatores básicos que determinam a potência necessária que deve ser enviada à caixa acústica.

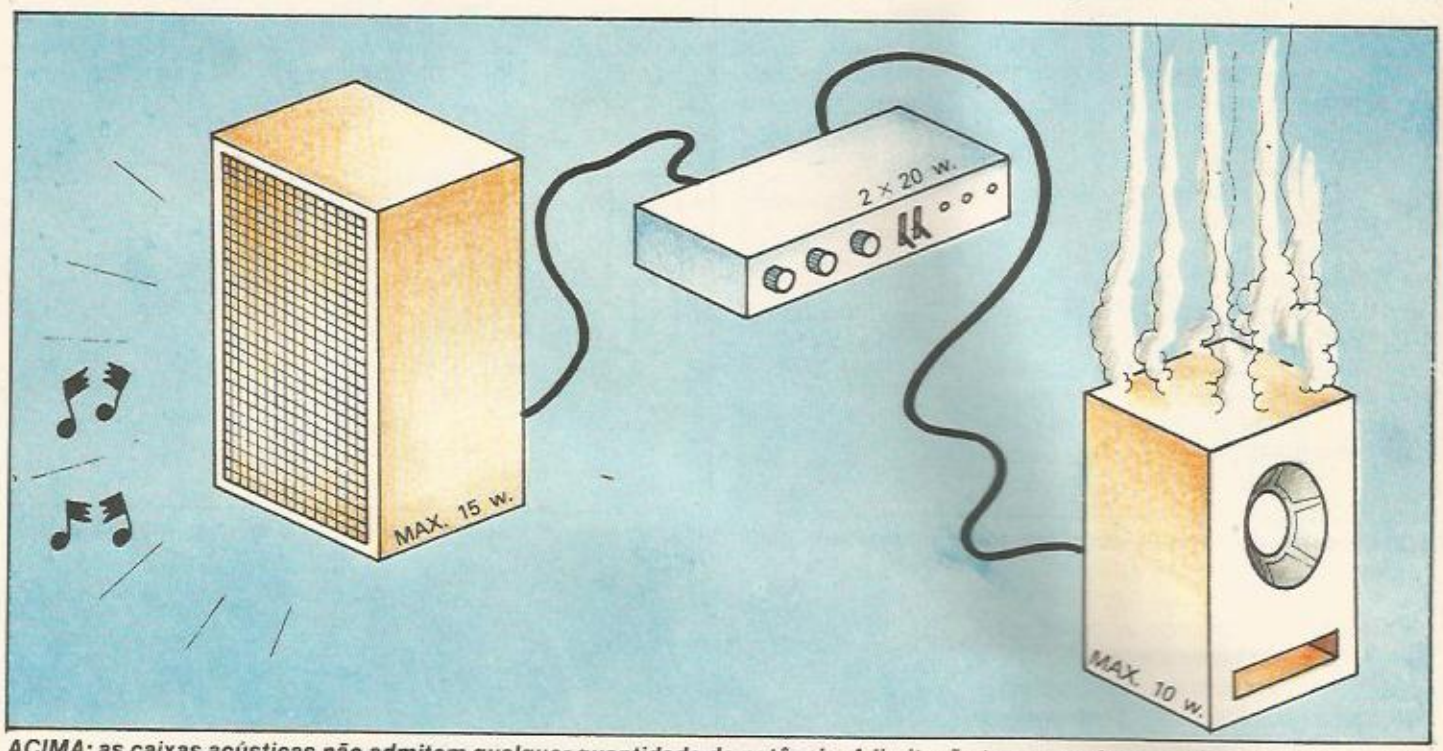


prando um amplificador de grande potência de saída que não iremos utilizar em todo o seu potencial porque as caixas possuem alto rendimento.

Para saber qual a potência necessária para que as caixas forneçam o nível sonoro desejado para a audição, não se considera apenas o rendimento. Entram em jogo outros fatores, tais como o tamanho da sala de audição, o seu revestimento acústico e o volume em que gostamos de ouvir música.

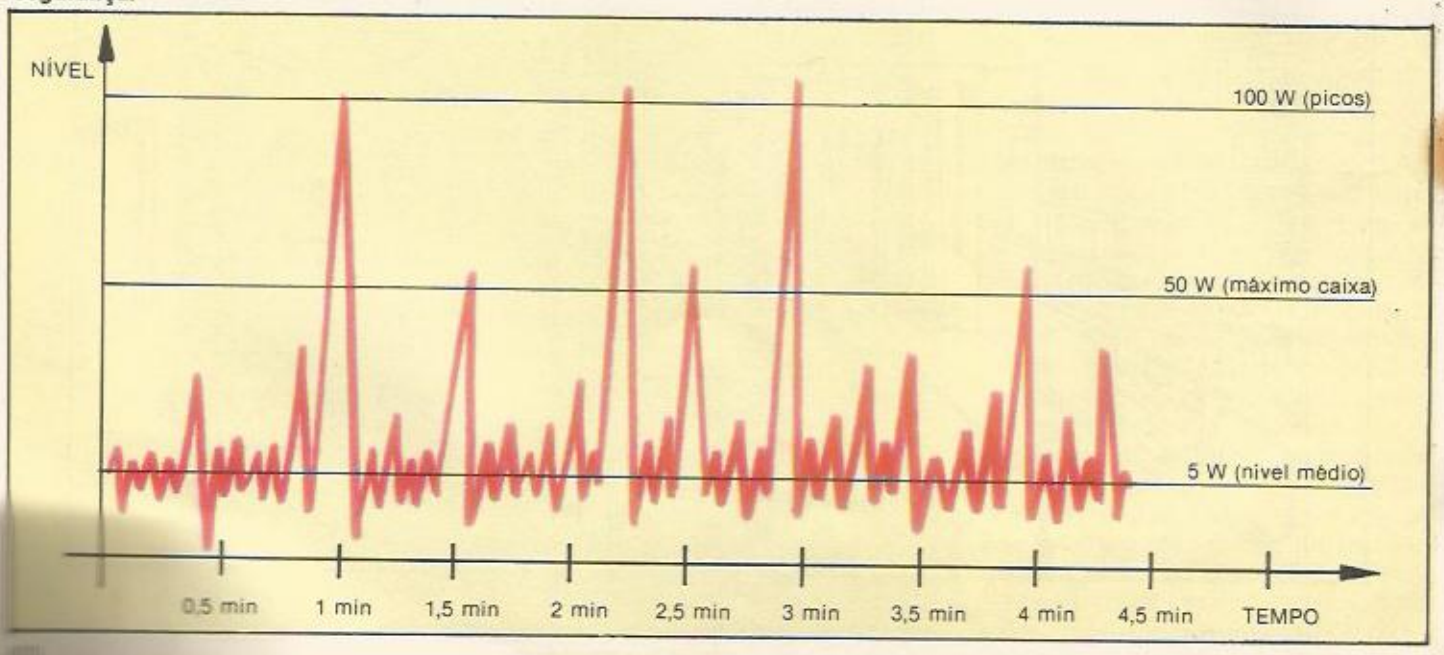
Vamos supor que decidimos comprar caixas pequenas, de suspensão acústica, com um rendimento de 82 dB. Se o ambiente de audição tem volume pequeno, por exemplo, 30 m^3 (o que pode corresponder a uma sala com 12 m^2), com um amplificador estereofônico de 10 W reais de saída por canal, poderemos obter um nível sonoro de 96 dB ou 97 dB. Isso acontecerá se as paredes da sala forem acusticamente "duras" (portas de armário, móveis fechados, sem estantes grandes e janelas sem cortinas) e o assoalho não for atapetado. Esse nível sonoro é pouco superior ao que um ouvinte suporta em uma sala de concertos.

Se exigirmos um nível sonoro como o



ACIMA: as caixas acústicas não admitem qualquer quantidade de potência. A limitação tem sua origem na distorção ou na capacidade de resfriamento da bobina móvel do alto-falante.

ABAIXO: na audição de peças musicais, mesmo com potências reduzidas, surgem picos muito elevados, mas de curta duração. Os circuitos de proteção admitem esses picos, retardando durante alguns instantes a colocação em marcha dos mecanismos de segurança.



conseguido em uma danceteria, para um ambiente de 30 m^2 ou um volume de 80 m^3, decorado com cortinas pesadas e tapetes grossos, com estantes de parede a parede, mesmo utilizando caixas de rendimento médio (90 dB), necessitaremos de um amplificador que forneça uma potência mínima de 50 W reais por canal.

Potência admissível

As caixas não admitem qualquer potência. Em geral, existe uma relação entre o tamanho da caixa e a potência admissível por ela. Quanto maior o tamanho da caixa, maior a potência que ela admite e irradia. Essa limitação de potência tem sua origem no fato de que são os alto-falantes que recebem a potência e eles são limitados pela máxima dissipação da bobina móvel (que, se for excessiva, pode levar à destruição do alto-falante). A reprodução de alguns picos de potência no volume máximo não causa danos ao alto-falante, pois a inércia térmica apresentada pela bobina é suficiente para evitar que os fios derretam. Os alto-falantes de grande potência possuem a bobina móvel apoiada em suportes de alumínio, para permitir um resfriamento mais intenso e mais rápido; dessa forma, podem admitir maiores potências. Apesar da dissipação provir de sinais de áudio, pode ocorrer que — por avaria ou outro motivo qualquer — seja aplicada uma tensão contínua à bobina do alto-falante, o que provocará danos permanentes.

Esse acidente pode surgir quando o amplificador de potência tem sua etapa de saída em classe B (esse é o tipo mais utilizado nos equipamentos transistorizados). Nesse caso, a tensão de alimentação é de tal valor que, se for aplicada diretamente à bobina móvel do alto-falante, ela será obrigada a uma dissipação excessiva.

Se nosso equipamento, por exemplo, possui saída de 50 W reais em 8 Ω, a etapa final pode ser alimentada por uma tensão de 60 V. Se nossa caixa é de 8 Ω e pode suportar uma potência real de 60 W, caso ocorra um acidente os 60 V de alimentação serão aplicados à resistência representada pela bobina móvel do alto-falante (o que é diferente da impedância, apesar de ambas terem os mesmos valores de magnitude). Esse fato faz supor uma dissipação de mais de 300 W para a bobina, o que significa sua destruição inevitável.

NOÇÕES TEÓRICAS

Transmissões estereofônicas

O sistema de transmissão dos canais sonoros, usado na estereofonia simultaneamente na mesma faixa da portadora modulada em freqüência, baseia-se na utilização de um sinal especial, que contém a informação dos canais direito e esquerdo, chamado de sinal múltiplo. Esse sinal é utilizado como sinal modulador.

Para obter o sinal múltiplo, parte-se de duas informações elétricas independentes, de reprodução estereofônica, que correspondem aos canais direito (D) e esquerdo (E) de baixa freqüência. Os sinais passam através dos filtros, que limitam a faixa a 15 KHz, no máximo, e chegam a dois circuitos: um circuito opera na saída a soma dos dois canais (E + D) e o outro circuito efetua a diferença entre os dois canais (E - D).

As saídas são enviadas a dois circuitos independentes corretores de pré-ênfase. Ali os sinais (E + D) e (E - D) dirigem-se para outros circuitos independentes.

Por outro lado, há um oscilador de alta estabilidade, controlado por quartzo, que gera um sinal de 38 KHz. Desse sinal se obtém, com um circuito divisor por dois, o sinal piloto em 19 KHz. O primeiro sinal é enviado a um modulador de amplitude, que o utiliza como portador, sendo anterior à modulação do sinal (E - D). O segundo sinal, que é o sinal de saída, é modulado com dupla faixa lateral. No decorrer do processo, elimina-se a portadora de 38 KHz, denominada subportadora.

Enfim, há um último circuito somador de todos os sinais (E + D), o sinal piloto e o sinal de modulação em amplitude, de onde se obtém o sinal multiplexador (ou MPX) definitivo.

Quando um receptor de FM monofônico recebe o sinal MPX, reproduz somente a parte correspondente à soma dos canais (E + D), que ocupa a parte inferior do espectro transmitido, com freqüência compreendida entre 20 Hz e 15 KHz. Essa soma pode ser ouvida através dos alto-falantes, sem necessidade de outras transmissões.

O resto do sinal, correspondente à modulação em AM da subportadora, elimina-se pelos filtros do aparelho. Se o receptor é estereofônico, a sua primeira função é a verificação da existência do sinal piloto, que ativa o processo de decodificação e assinala essa informação sobre o indicador luminoso.

No receptor estereofônico, gera-se, também, um sinal de freqüência dupla (38 KHz) para devolver a portadora modulada em amplitude, que contém o sinal (E - D) e, assim, ter a demodulação.

Partindo dessa situação, os sinais (E + D) e (E -D) obtidos diretamente como no caso monofônico, são combinados em dois circuitos. Em um dos circuitos ambos são somados: (E + D) + (E -D) = 2E. No outro circuito, faz-se a diferença: (E + D) - (E - D) = 2D. São devolvidas, separadamente, as informações correspondentes aos canais esquerdo (E) e direito (D), em baixa freqüência, para que possam ser amplificadas e aplicadas ao sistema de alto-falantes.

O AMPLIFICADOR (3)

Neste novo capítulo dedicado ao amplificador, descreveremos os principais controles que melhoram a reprodução sonora do equipamento de som. Como você verá, existe uma variedade de controles que possibilita adaptar o som às suas exigências e ao espaço disponível.

Antes de continuarmos a nossa análise do amplificador, é importante destacarmos algumas características da fisiologia do ouvido humano, isto é, das suas funções orgânicas, relacionadas com o fenômeno da audição. Afinal, já que é o órgão dos sentidos que capta os sons, há uma vinculação estreita e necessariamente complementar entre as fontes sonoras (naturais ou artificiais, como é o nosso caso) e a percepção auditiva, que é um processo desempenhado pelos ouvidos.

O ouvido humano

O ouvido não reage por igual, por exemplo, a sons de mesmo nível e freqüências diferentes.

Na realidade, o ouvido percebe melhor e com mais regularidade os sinais de freqüência média, principalmente quando são de nível baixo (baixa amplitude ou baixo volume).

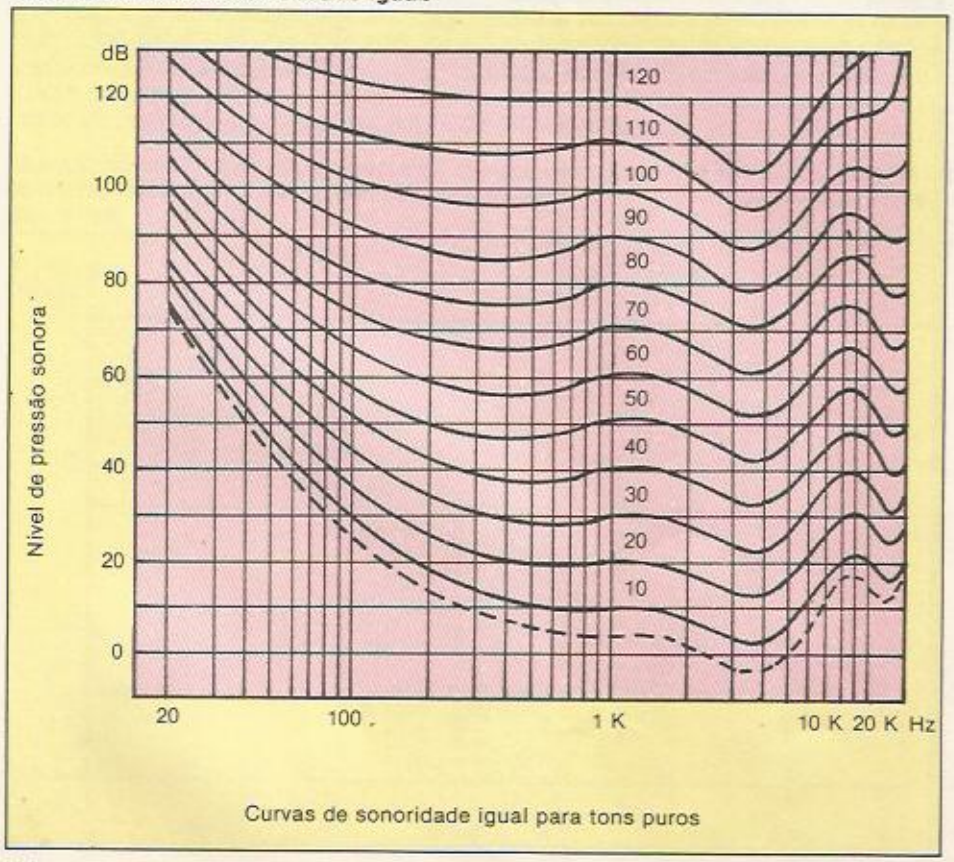
Observando as curvas de volume igual para um ouvido normal, veremos que (se tomarmos como referência a freqüência de 1 KHz e um nível médio de 60 dB) o ouvido não percebe os 60 dB em todas as freqüências. Para uma freqüência de 4 KHz, por exemplo, seriam suficientes apenas 52 dB para criar a sensação de que o som se encontra no mesmo volume.

Ao contrário, se tomamos uma freqüência de 50 Hz, o volume deve ser elevado a 78 dB para que o ouvido humano possa percebê-lo com a mesma sensação de volume. Já para 9 Hz, o nível do volume deve ser de 66 dB. Como vemos, a resposta do ouvido varia muito com a freqüência e, além disso, com o nível sonoro. Dessa forma, quanto menor for o nível de audição, maiores diferenças o ouvido encontrará entre as freqüências. Essas características se referem a tons puros, isto é, sons com uma freqüência determinada. Uma reprodução sonora apresenta, em geral, uma mistura de sons de freqüências diferentes e em níveis diferentes, o que faz variar um pouco as curvas, ainda que, basicamente, mantenham as mesmas características de amplitude-freqüência.

Outro fator a ser considerado é o ambiente de audição, que pode ter dimensões e condições acústicas que favoreçam determinadas freqüências e tendam a eliminar os sons de outras freqüências. Tudo isso, supondo-se, teoricamente, que o alto-falante irradie por igual os sons de qualquer freqüência.

De qualquer maneira, são indispensáveis alguns controles que possam fazer variar a resposta em freqüência dos sinais reproduzidos pelo equipamento amplificador. Como veremos a seguir, existe uma grande quantidade de controles que permite adaptar a reprodução sonora às necessidades do usuário e do local.

ABAIXO: curvas de sonoridade igual.



Curvas de sonoridade igual para tons puros

Os controles de tons

Assim como existe um comando que controla o volume geral de audição, todos os amplificadores possuem controles de tom ou de tonalidade, que funcionam como os comandos de volume, mas com efeito só perceptível sobre determinada faixa de freqüências. Por esse motivo, encontram-se comandos que ajustam a intensidade dos sons graves, médios e agudos (ou, mais comumente, só dos graves e agudos).

A maioria dos circuitos de tom empregada hoje em dia incorpora componentes passivos, isto é, o circuito de tom não pode amplificar sinal algum, apenas atenuá-lo em maior ou menor grau.

Os comandos que constituem os controles de tonalidade são eixos de potenciômetros (ou comutadores de passos discretos, como ocorre com o controle de volumes). O desenho dos circuitos é feito de forma que, quando os cursores dos potenciômetros se encontram em sua posição central, a faixa de freqüências de áudio é reproduzida por igual.

Movendo-se esse comando para um lado ou outro, em relação à posição central, obtém-se um reforço ou uma atenuação da faixa que é governada por cada um desses comandos. Alguns equipamentos possuem um comando, marcado com TONE DEFEAT, BYPASS, OUT ou OFF, que anula totalmente o circuito corretor de tons, independentemente da posição ocupada pelos comandos, obtendo-se uma resposta plana.

Normalmente, utiliza-se a freqüência de 1 KHz como referência. Assim, com os controles de tom em suas posições centrais, todas as freqüências ficam no nível de 0 dB, indicando que eles estão no nível de referência.

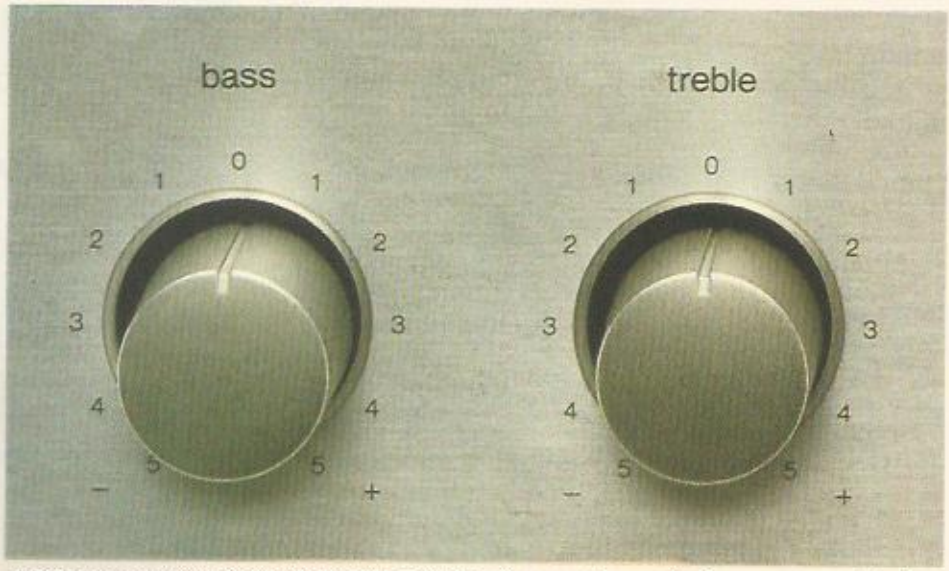
O controle de graves (***bass***, em inglês), atua sobre a faixa de freqüências inferiores a 1 KHz de modo que a atenuação ou o realce máximo são conseguidos em torno de 50 Hz. Dependendo do circuito utilizado, conseguem-se variações até ± 18 dB sobre o nível de 1 KHz, o que permite dividir ou multiplicar o sinal por oito. Em certos casos, a freqüência para medir essa variação é de 100 Hz, ocorrendo, então, valores inferiores para a atenuação e o realce, que podem ser de ± 14 dB.

Quanto ao controle dos agudos (***treble***, em inglês), o funcionamento e os resultados são semelhantes, exceto quando a freqüência, sobre a qual as maiores variações são obtidas, está em torno de 10 KHz.

Para freqüências de teste inferiores, a variação sobre o nível de referência é menor.

Quanto ao controle dos médios (***middle***, em inglês), a variação máxima de ganho é obtida no centro da faixa de freqüências (entre 1 KHz e 4 KHz, em geral), decrescendo conforme a freqüência aumenta ou diminui.

Equipamentos de som de qualidade mediana incorporam um só comando de tom ou apenas uma tecla, com a indicação TONE ou TOM. Trata-se simplesmente de um controle que permite obter uma resposta plana ou uma atenuação das notas agudas, dependendo da posição do comando. Com essa tecla, não há possibilidade de se ajustar realmente a tonalidade, mas apenas de permitir a passagem ou não dos sons de freqüências altas. Esse comando atua somente como uma espécie de filtro. Em geral, sua atuação começa em freqüências de 3 KHz ou 4 KHz.



ACIMA: os comandos que ajustam o tom atuam sobre o nível sonoro em relação a um nível de referência que, em geral, é a freqüência de 1 KHz.

ABAIXO: em alguns casos, incorpora-se ao equipamento um comando denominado TONE DEFEAT, que anula todos os controles de tonalidade.



O controle de presença

Como já comentamos, o ouvido não reage com sensações iguais a sons de freqüências diferentes e mesmo nível, dentro da faixa audível. Em níveis elevados de audição, a resposta do ouvido é mais ou menos plana, mas, em volumes baixos, o ouvido é mais sensível aos sons de freqüência média. Assim, os sons graves e agudos são ouvidos como se, na realidade, tivessem amplitude ainda menor. Por esse motivo, a maioria dos amplificadores possui um circuito que acomoda a resposta do amplificador às sensações percebidas por nossos ouvidos.

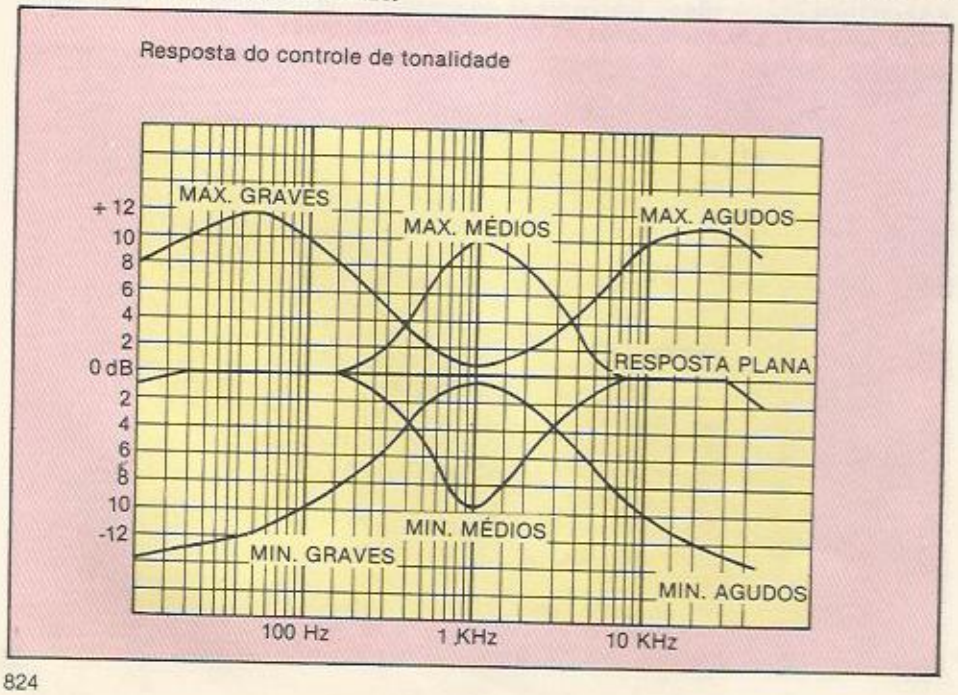
Esse circuito é, muitas vezes, comutável no painel frontal e marcado com a indicação PRESENÇA, COMPENSADOR ou LOUDNESS CONTOUR. Sua atuação depende da posição do controle de volume, sendo, portanto, necessário desligar o loudness quando o volume de audição é muito elevado. O circuito realça automaticamente os sons graves e agudos, na medida exata, mas deixa de influir na resposta do aparelho a partir de um certo volume. Por essa razão, muitos equipamentos não incorporam um comando que desligue o loudness, já que a alteração que este controle provoca no som é semelhante ao modo pelo qual o ouvido capta os sons quando em igualdade aparente de nível.

Nos poucos equipamentos de som que não incorporam esse corretor, pode-se conseguir os mesmos efeitos com os comandos de tonalidade, realçando os

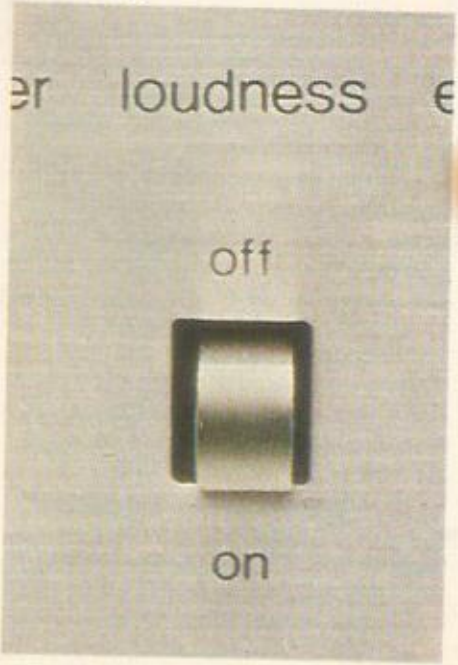


ACIMA: alguns equipamentos possibilitam deixar fora de ação um ou dois controles de tom (turnover frequency, em inglês).

ABAIXO: as variações de nível introduzidas pelos controles de tom alcançam seu máximo nos extremos das faixas.



ABAIXO: o controle LOUDNESS introduz uma modificação na resposta do pré-amplificador, que é oposta à reação que nossos ouvidos efetuam ao perceber os sons.



sons graves e agudos. Esse comando deve ser alterado cada vez que se mexer no comando de volume, fazendo com que o realce seja menor conforme o nível de audição aumente.

Com o circuito de compensação ligado e os controles de tonalidade no centro, não existe perigo de distorção das faixas de freqüências, pois o loudness, mesmo em volumes muito baixos, consegue aumentar o nível dos graves e agudos até 10 dB acima do nível dos sons médios. Conforme a potência de saída aumenta, o realce diminui gradativamente, até que, na potência máxima, a resposta de amplificação torna-se plana.

Em alguns equipamentos de alta qualidade, existe um comando de loudness variável que atua como um segundo controle de tonalidade. Seu efeito é introduzir a correção, com porcentagens que variam entre 0% e 100%.

Os filtros

As respostas obtidas pelos amplificadores atuais foram tão aperfeiçoadas que são conseguidas variações entre ± 1 dB, desde a freqüência 0 (corrente contínua) até freqüências superiores a 100 KHz.

Perto da faixa audível, os sinais são, algumas vezes, introduzidos no amplificador de maneira incontrolável. É o que ocorre com certos ruídos gerados pelo toca-discos, cuja freqüência é inferior à freqüência mais baixa perceptível pelo ouvido humano.

Outras vezes, devido a vários fatores, são produzidas oscilações espúrias (como ocorre na conexão de linhas muito longas entre o amplificador e os alto-falantes) que são de freqüências mais altas que o máximo audível.

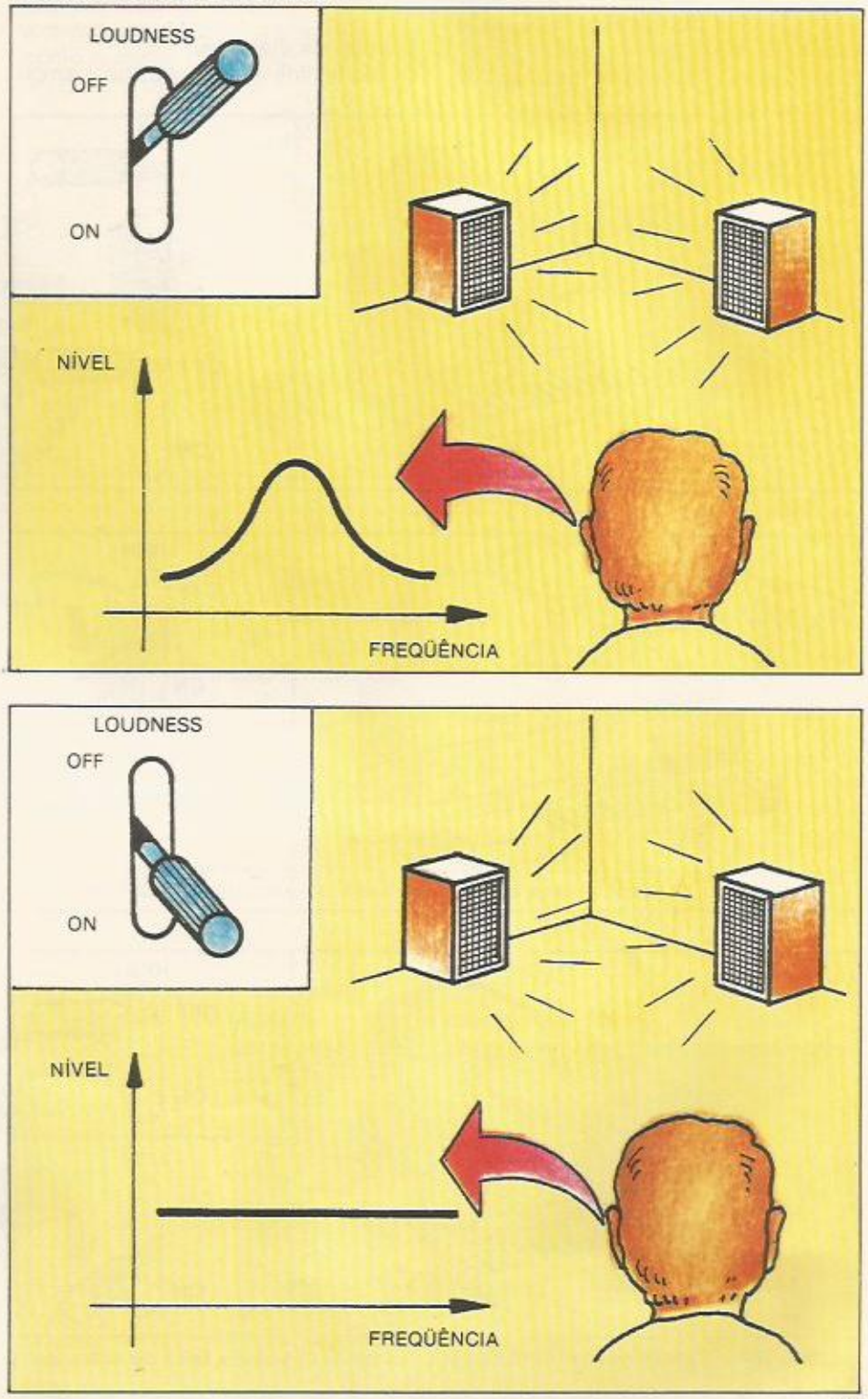
Se o amplificador é obrigado a reproduzir esses sinais — já que ele é capaz de tratá-los da mesma forma que os sinais da faixa audível —, pode ocorrer um excesso de esforço em alguns de seus circuitos e, ainda que o resultado não seja audível, devido à sua freqüência, isso pode afetar o rendimento geral. Esse fato poderá ser percebido pelo ouvido, com a conseqüência desagradável de que um equipamento "perfeito" funciona menos satisfatoriamente do que um "apenas bom".

Por esse motivo, são incorporados comandos que introduzem filtros que eliminam parte da faixa que o equipamento pode reproduzir (ainda que não seja audível).

Os filtros mais comuns são os filtros passa-altos e os filtros passa-baixos. Os primeiros eliminam todos os sinais inferiores a uma determinada freqüência, chamada de freqüência de corte, escolhida, em geral, entre 10 Hz e 20 Hz. Esse filtro é marcado com SUBSONIC ou LOW CUT.

Os filtros passa-baixos eliminam todos os sinais cuja freqüência seja superior a um padrão determinado. Na prática, esses filtros são empregados com a finalidade de suprimir ruídos de alta freqüência, como os provocados por discos gastos, riscados ou sujos. A freqüência, a partir da qual começam a

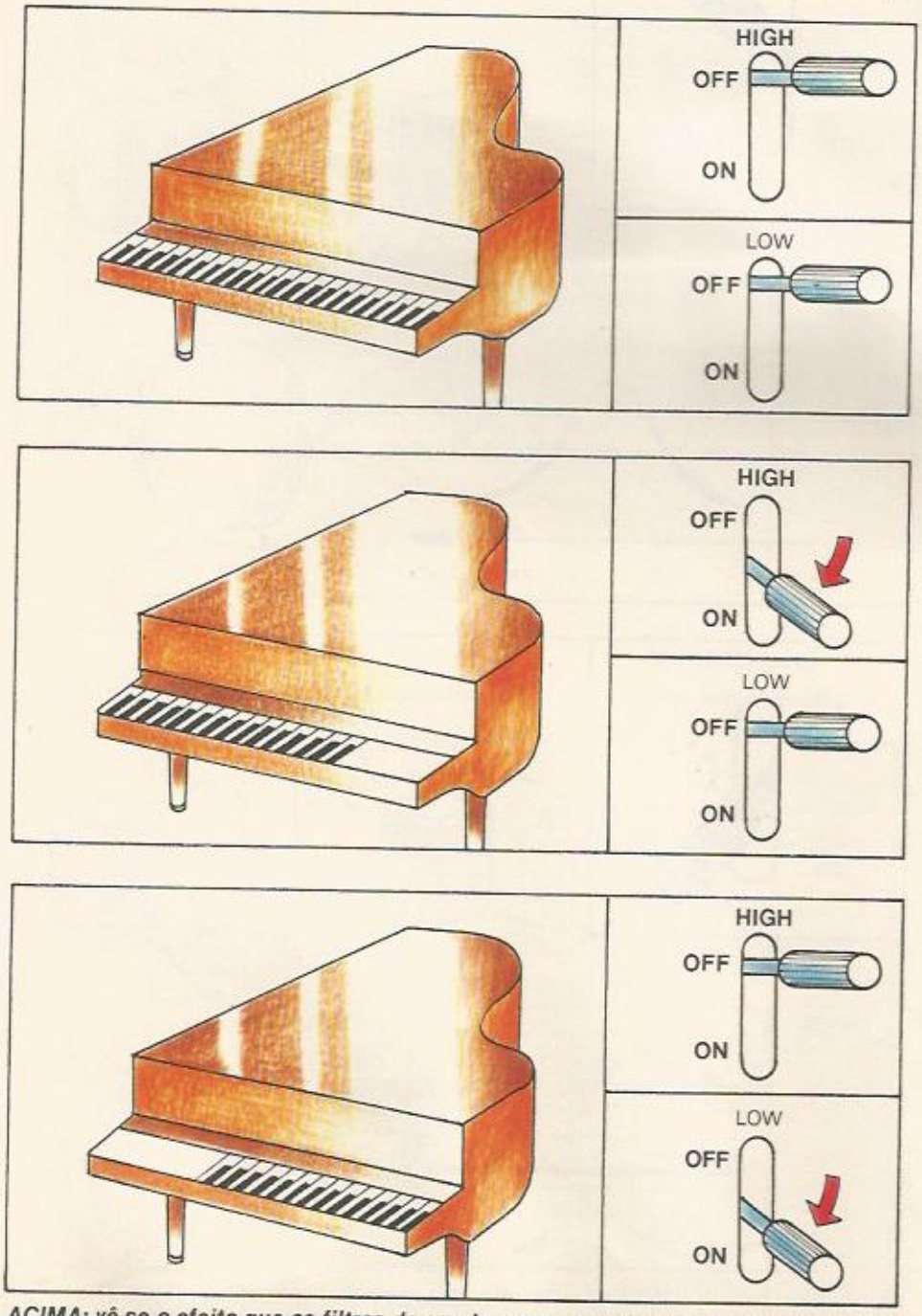
ABAIXO: efeito do LOUDNESS.



cortar o sinal, é escolhida, em geral, acima de 7 KHz ou 8 KHz.
Os comandos que permitem o seu funcionamento são marcados com HIGH CUT ou FILTRO, quando o equipamento possui apenas esse comando.
Devido à natureza dos componentes dos filtros, o corte não é brusco: os sinais são atenuados em maior ou menor quantidade, dependendo de quanto se distanciem da freqüência de corte escolhida, isto é, quanto mais longe estiverem dessa freqüência, maior será a atenuação. Assim, chega-se a um novo termo, o gradiente do filtro, que nos dá uma idéia de quanto abrupto é o corte dos sinais.
Os gradientes podem ser de 6 ou 12 dB/oitava e, em certas ocasiões, podem alcançar 18 dB/oitava. Em alguns equipamentos, há a possibilidade de se escolher tanto a freqüência de corte como o gradiente do filtro.

Origem da distorção

Os elementos empregados para amplificar os sinais de áudio não são inteiramente lineares, ou seja, a saída não é exatamente proporcional à entrada, já que ocorre uma certa deformação ou distorção.
Na prática, a distorção se manifesta pela saída de sinais que não existiam na entrada, mas que estão relacionados com ela (ao contrário do ruído, que existe sempre, ainda que não haja sinal na entrada do equipamento).
A taxa de distorção é o quociente entre a quantidade espúria de sinal (em função de um sinal de entrada, não de um ruído) e a quantidade legítima de sinal.
Os valores de distorção nos pré-amplificadores são sempre muito baixos, já que os sinais são de baixo volume e é fácil reproduzi-los exatamente. Em geral, a taxa de distorção é inferior a 0,1%, ou menos ainda. Quando uma etapa do pré-amplificador fica saturada, a taxa de distorção alcança facilmente valores de 10% ou mais, o que é tolerável para o ouvido. Valores inferiores a 2% ou 3% de distorção não são facilmente percebidos pelo ouvido.

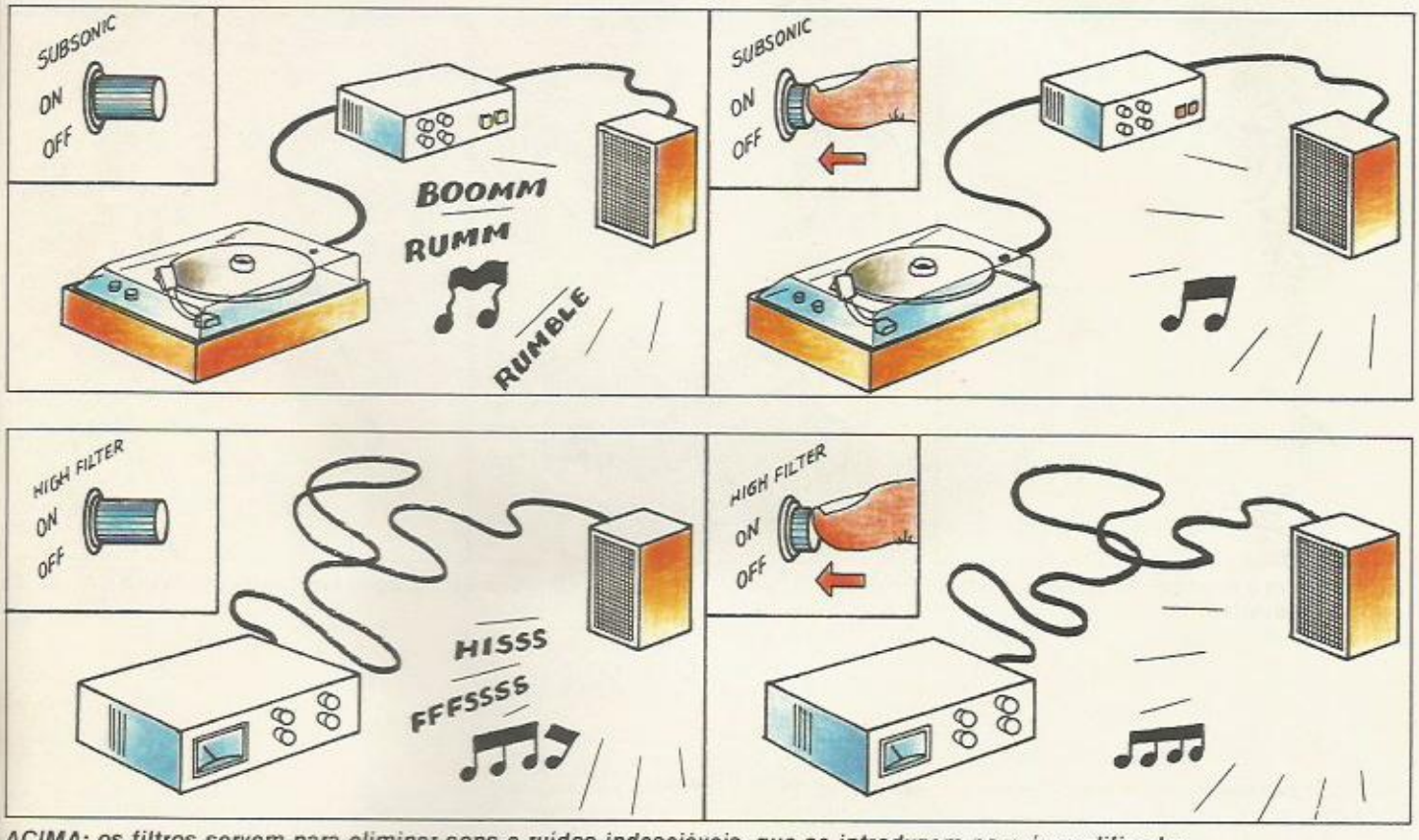


ACIMA: vê-se o efeito que os filtros de agudos causam sobre a faixa de notas que é reproduzida por um piano.

O balanço

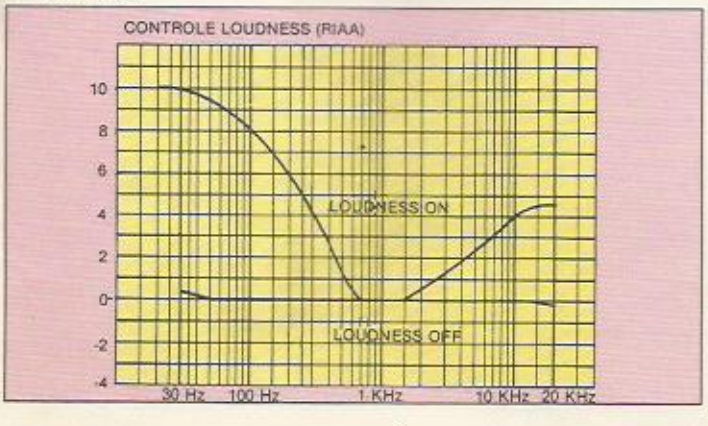
Quando o pré-amplificador é estereofônico, os circuitos são duplos, e cada canal é tratado independentemente do outro. Quando os alto-falantes reproduzem o sinal de áudio, deve chegar aos nossos ouvidos a mesma quantidade de sinal de ambos os alto-falantes. Isso, por princípio, só é conseguido se os dois canais são idênticos. Em certos casos, dependendo do local de audição, não chega a mesma quantidade de sinal dos dois canais ao local onde estamos, em decorrência da orientação dos alto-falantes, das diferenças de distância em relação a nós, etc. Nesse caso, o efeito estereofônico não consegue ser pleno mesmo que os amplificadores estejam trabalhando de forma correta.
A solução é fazer com que um canal amplifique o som um pouco mais que o outro, de forma que nossos ouvidos (que são sempre o objetivo final) recebam a mesma quantidade de sinal dos dois alto-falantes.
O comando que permite introduzir essa pequena diferença de amplificação é o BALANCE, denominação que já indica a sua função.
O controle de balanço é um potenciômetro semelhante ao dos outros controles (volume, tonalidade). Com o comando na posição central, os dois

canais apresentam o mesmo grau de amplificação.
Quando o comando é deslocado para um dos lados, provoca-se um ganho em um dos canais e uma atenuação proporcional no outro canal. Na posição extrema, o canal atenuado pode ser completamente anulado ou receber apenas uma atenuação elevada (por exemplo, 20 dB em relação ao outro), o que significa uma amplificação 10 vezes menor.
Para ajustar o balanço entre os canais, primeiramente, escolhe-se um disco, uma fita ou uma emissora de rádio, porém, a reprodução deve ser monofônica, para que os dois canais recebam exatamente o mesmo sinal.
Depois, coloca-se o comando de balanço no ponto de audição escolhido e, em seguida, ajusta-se o comando até que se tenha a impressão de que, dos dois alto-falantes, chega a mesma intensidade sonora. Dessa maneira, está pronto o ajuste para o ponto de audição que foi escolhido.
Quando se escolhe um ponto de audição diferente, a operação pode ser repetida. Se não for possível conseguir uma fonte monofônica de sinal, pode-se alterar o controle de modo do equipamento para a posição mono, obtendo-se o mesmo efeito.
No entanto, alguns equipamentos eliminam o efeito de controle do balanço quando o modo de reprodução é monaural. Nesse caso específico, deve-se utilizar necessariamente uma fonte estereofônica.

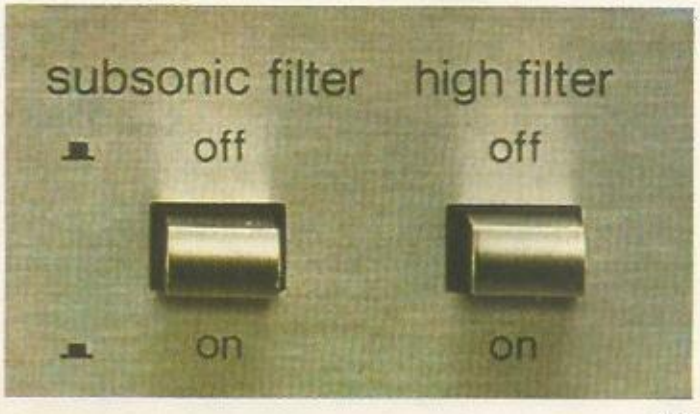


ACIMA: os filtros servem para eliminar sons e ruídos indesejáveis, que se introduzem no pré-amplificador.

ABAIXO: variação da resposta introduzida com o circuito de LOUDNESS.



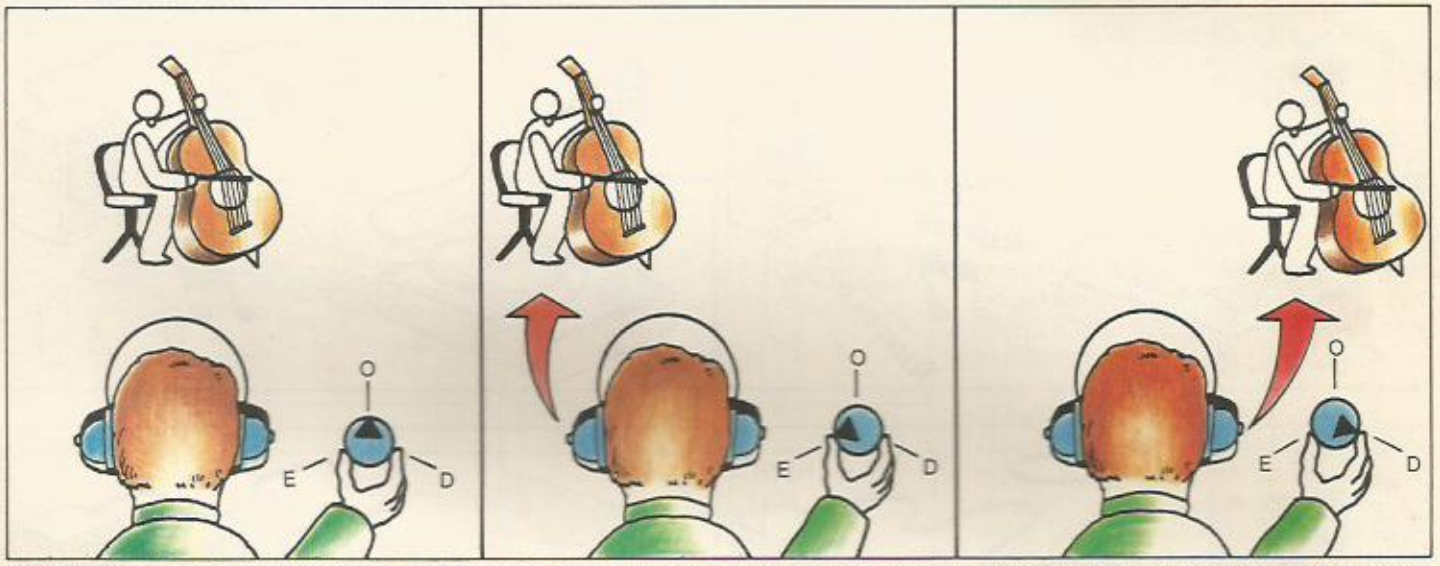
ABAIXO: comandos que ligam os filtros.



Às vezes, o comando de balanço é substituído por um controle de volume independente para cada canal. Nesse caso, o balanço é conseguido ajustando-se diretamente o volume desejado em cada um dos canais.
A melhor forma de fazer o ajuste com equipamento que tenha essa disposição de comando é ajustar o volume de um dos canais até o nível desejado. Depois, altera-se o volume do outro canal em busca do balanço correto entre os dois.

O modo de reprodução

Um amplificador estereofônico, partindo do princípio de que há dois sinais distintos e dois canais de reprodução independentes, pode apresentar uma variedade de formas ou modos de reprodução.
Os dois modos de reprodução mais comuns são o mono e o estéreo. No primeiro caso, os dois sinais se misturam e o resultado é reproduzido pelos dois canais.
No segundo caso, cada sinal utiliza seu canal correspondente, onde é reproduzido normalmente.
Existe um terceiro modo de reprodução, também bastante utilizado, denominado estéreo invertido (marcado com REVERSE ou INVERSE). Esse modo consiste em mandar o sinal esquerdo para o canal direito e vice-versa. Assim, a reprodução é estereofônica, porém os canais estão trocados entre si. O efeito conseguido é o mesmo que teríamos se ficássemos na posição habitual de escuta.



ACIMA: com o controle de balanço, pode-se colocar a origem do som no centro (que é a situação teórica ideal), de um lado ou de outro do ouvinte.

ABAIXO: passos necessários para um correto ajuste do comando de balanço.



DICAS PARA O SEU LABORATÓRIO DE MONTAGEM

Aqui você vai encontrar uma tabela com as principais características técnicas dos componentes mais usados na montagem de vários aparelhos eletrônicos. As especificações mostradas já foram analisadas no decorrer desta obra. A tabela serve para comparar os diversos componentes e, na falta de um deles, utilizar um equivalente.

TRANSISTORES

Potência. Áudio. Deflexão. Fontes de alimentação comutadas (cont.)

Tipo	Pol.*	Especificações				Características		Aplicações
		V_{CEO} V	I_C A	P_{tot} a W	T_{mb} °C	h_{FE} a min./máx.	I_C A	
BF469	N	250	0,05	1,8	114	50	0,025	TV - saída de vídeo e de croma - classe B
BF470	P	250	0,05	1,8	114	50	0,025	TV - complementar do BF469
BU205	N	700	2,5	10	90	2	2,0	TV - saída horizontal preto e branco
BU208A	N	700	5	80	25	2,5	4,5	TV - saída horizontal cores
BU426	N	375	6	70	73	tip. 30	0,6	TV - fonte de alimentação comutada cores
BU508A	N	700	8	125	25	—	—	Saída horizontal cores
BU807	N	150	8	60	25	—	—	TV - saída horizontal P & B; comutação
BUV82	N	400	6	70	73	tip. 30	0,6	Invers., regul., contr. motores, comut.
BUW84	N	400	2	50	25	tip. 50	0,1	Fontes de alimentação comutadas
BUX80	N	400	10	100	40	tip. 30	1,2	Fontes de alimentação comutadas
BUX86	N	400	0,5	20	60	tip. 50	0,05	Fontes de alimentação comutadas
BD135	N	45	1	8	70	40 - 250	0,15	AF - excitador; TV - saída vertical P & B
BD136	P	45	1	8	70	40 - 250	0,15	AF, TV - complementar do BD135
BD137	N	60	1	8	70	40 - 250	0,15	AF - excitador; TV - saída vertical P & B
BD138	P	60	1	8	70	40 - 250	0,15	AF, TV - complementar do BD137
BD139	N	80	1	8	70	40 - 250	0,15	AF - excitador; TV - saída vertical P & B
BD140	P	80	1	8	70	40 - 250	0,15	AF, TV - complementar do BD139
BD233	N	45	2	25	25	40 - 250	0,15	AF - excitador; TV - saída vertical cores
BD234	P	45	2	25	25	40 - 250	0,15	AF, TV - complementar do BD233
BD235	N	60	2	25	25	40 - 250	0,15	AF - excitador; TV - saída vertical cores
BD236	P	60	2	25	25	40 - 250	0,15	AF, TV - complementar do BD235
BD237	N	80	2	25	25	40 - 250	0,15	AF - excitador; TV - saída vertical cores
BD238	P	80	2	25	25	40 - 250	0,15	AF, TV - complementar do BD237
BD262	P	60	4	36	25	750	1,5	AF - darlington para saída até 25 W
BD262A	P	80	4	36	25	750	1,5	AF - darlington para saída até 25 W
BD262B	P	100	4	36	25	750	1,5	AF - darlington para saída até 25 W
BD263	N	60	4	36	25	750	1,5	AF - complementar do BD262
BD263A	N	80	4	36	25	750	1,5	AF - complementar do BD262A
BD263B	N	100	4	36	25	750	1,5	AF - complementar do BD262B
BD291	N	45	6	60	25	30	1	AF - saída de áudio até 35 W

*** N = NPN**
P = PNP
Tmb = Temperatura da base de montagem

AGUARDE!



NA PRÓXIMA SEMANA, VOCÊ TERÁ AS INSTRUÇÕES PASSO A PASSO PARA A MONTAGEM DE UM DETECTOR DE MOVIMENTOS.

Esse dispositivo, muito fácil de montar, é capaz de emitir sinais que acusam um movimento e, por isso, pode ter várias aplicações. Como sistema antifurto residencial é muito eficiente: sempre que alguém se aproximar da área que está sob sua proteção, o detector vai acionar um alarme. Pode denunciar, também, quando uma criança está se aproximando de um local perigoso. Com imaginação, você ainda vai descobrir outras utilidades para o detector de movimentos.

ELETRÔNICA
PASSO A PASSO