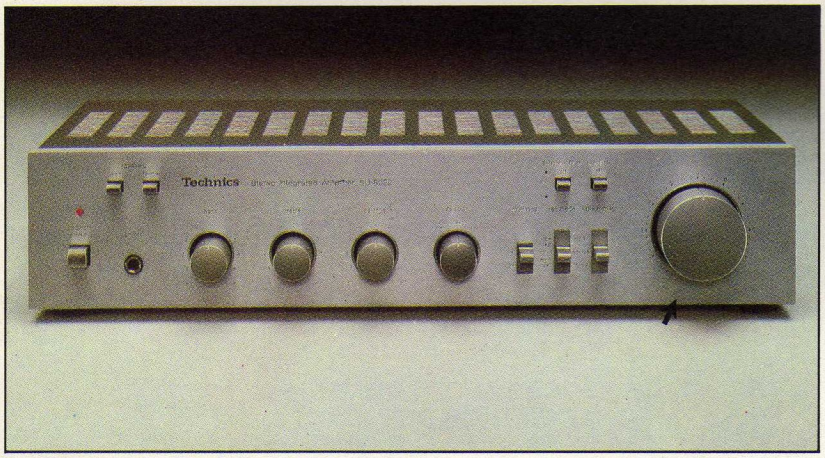
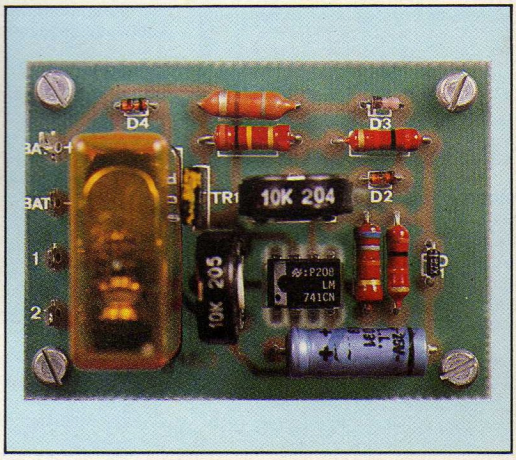
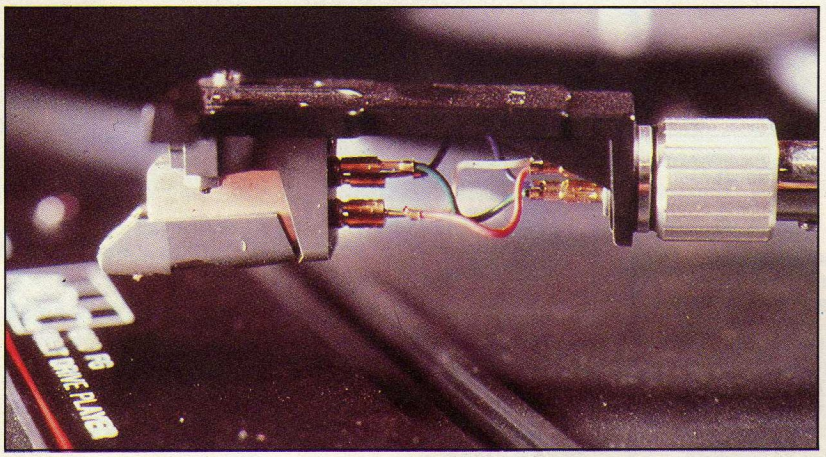
ELETRÔNICA

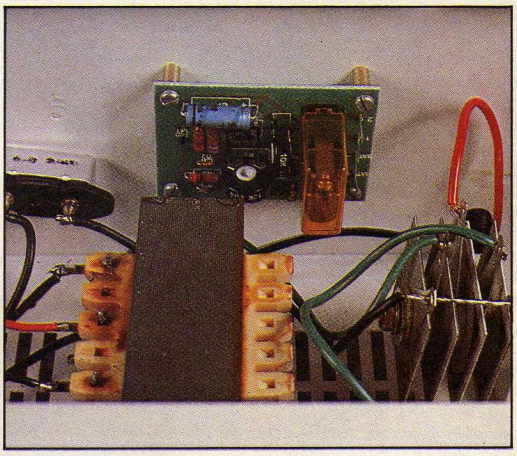
40 PASSO A PASSO Cr$ 5.100

Abril Cultural









MONTAGEM

CARREGADOR DE BATERIA

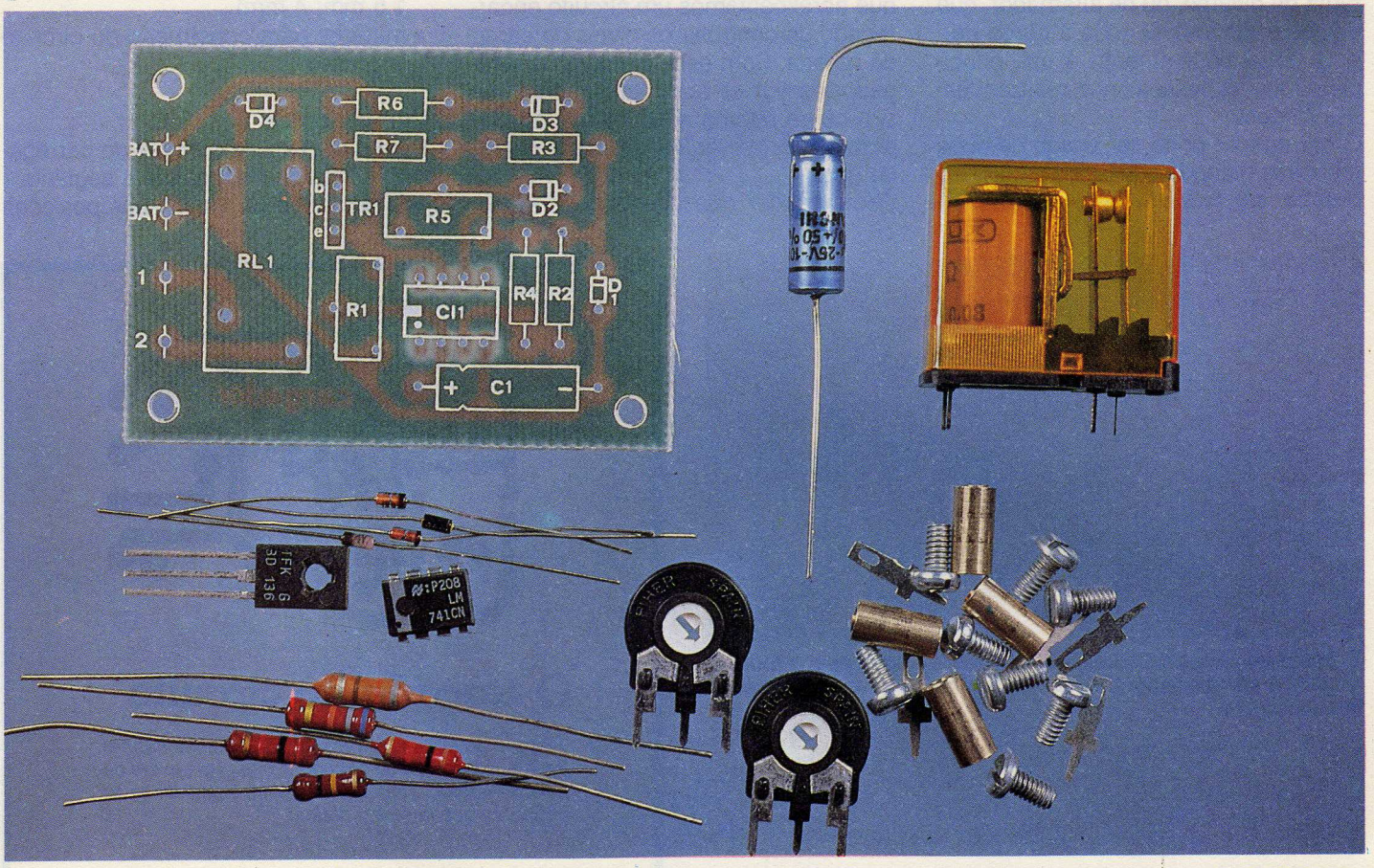
INSTRUMENTAÇÃO

O AMPLIFICADOR

O FUNCIONAMENTO DO TOCA-DISCOS

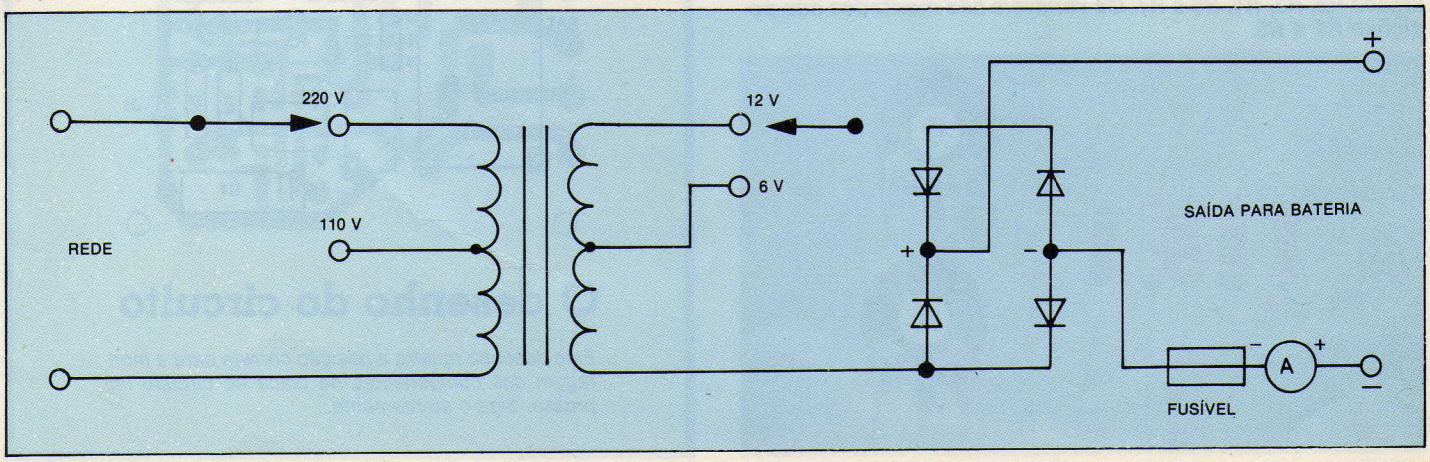
CARREGADOR DE BATERIA

Este pequeno dispositivo, extremamente fácil de montar, pode ser aplicado a qualquer tipo de carregador de bateria para carro. Sua função é impedir eventuais sobrecargas durante o carregamento da bateria.



1. Estes são os componentes do circuito controlador do carregador de bateria. Na nossa montagem, usaremos uma placa de circuito impresso e um relê diferentes.

Esquema elétrico do carregador de bateria ao qual se deve acrescentar o controlador automático.



O carregador de bateria é um aparelho de grande interesse para o motorista. Ele permite que um único equipamento realize todas as operações de carga da bateria de um veículo, sempre que isso se fizer necessário, sem ter que recorrer a uma oficina especializada.

As viagens em percursos reduzidos, com um grande número de solicitações do motor de partida, impedem que a bateria recupere, através do sistema de dínamo, ou de alternador, que equipa o automóvel, toda a carga perdida. Esse equipamento é útil, principalmente, às pessoas que realizam essas viagens.

O carregador pode ser usado de duas maneiras: ligando-o à bateria, que não precisa ser retirada do automóvel, e conetando o aparelho à rede elétrica, caso haja alguma tomada por perto; ou, então, pode-se retirar a bateria do carro e levá-la até o carregador, ligando-o na rede elétrica. Para isso, você poderá aproveitar os horários em que o veículo fica parado por um período de tempo razoavelmente longo.

Descrevemos aqui um carregador de bateria padrão, semelhante aos encontrados no mercado. A única diferença é que acrescentamos um circuito encarregado de controlar os níveis de carga da bateria. Com esse circuito, o carregador desliga-se automaticamente, assim que a bateria atinge a sua tensão normal de operação, evitando sobrecargas.

O carregador que utilizamos é semelhante àquele cujo esquema elétrico aparece na ilustração da p. 789.

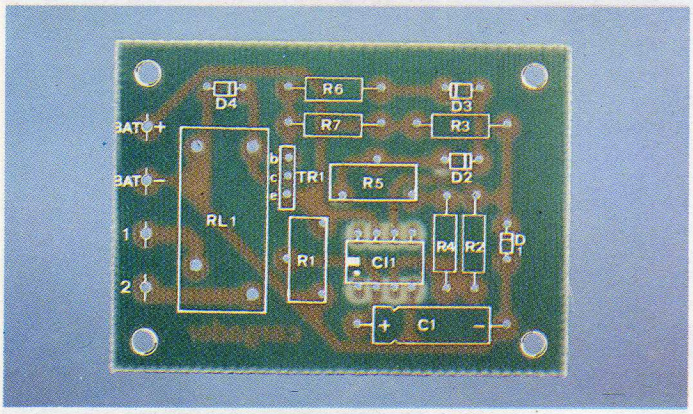
Ferramentas necessárias

- 1 chave de fenda média
- 1 chave de fenda pequena
- 1 alicate de corte
- 1 alicate de bico
- 1 ferro de soldar de 30 W
- 1 furadeira
- 1 jogo de brocas (diâmetros: 1 mm; 1,5 mm; 4 mm)
- material para construção do circuito impresso.

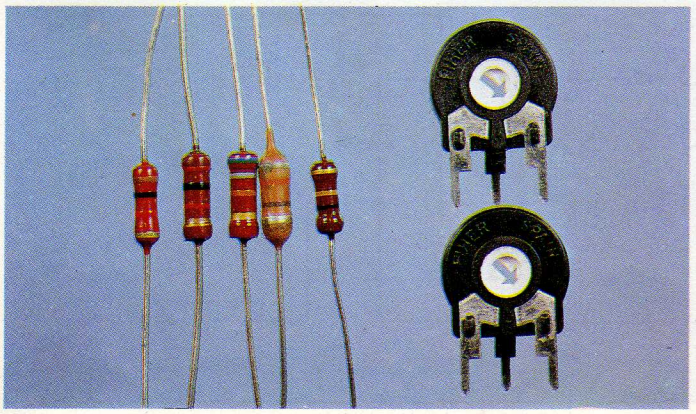
Componentes

Para o circuito de controle do carregador, a lista de materiais é a seguinte:

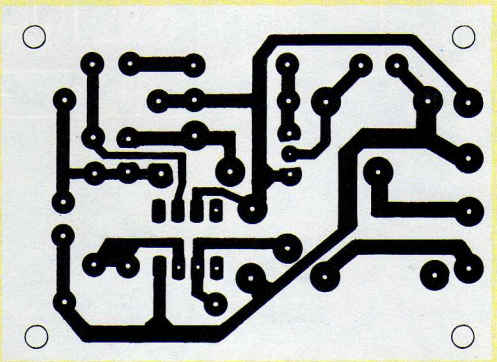
- 5 resistores de 1/4 W, nas posições



2. Placa de circuito impresso que serve de base para a montagem dos componentes. A serigrafia indica as suas respectivas posições.

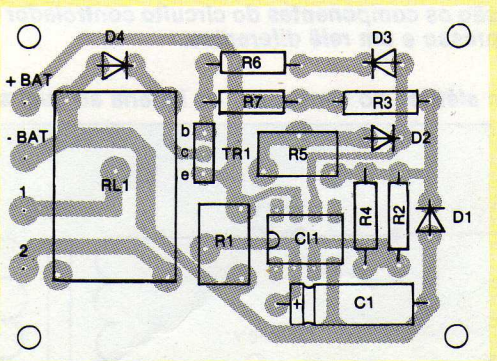


3. A série de resistores compreende cinco fixos e dois variáveis. Os primeiros, da esquerda para a direita, ocupam as posições R2, R3, R4, R6 e R7. Os variáveis são montados nas posições R1 e R5.



O traçado do circuito

Traçado do circuito impresso, em tamanho natural. Para a construção do circuito, basta copiá-lo em papel milimetrado. Depois é só usá-lo, seguindo as explicações que já foram dadas.



O desenho do circuito

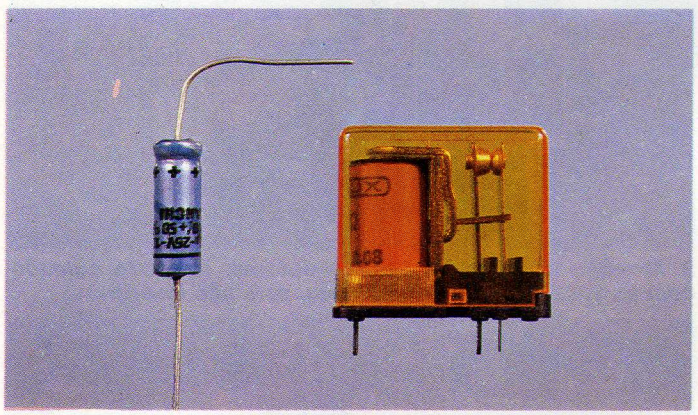
Este desenho mostra a posição correta para a montagem dos componentes na placa de circuito impresso. Siga-o atentamente.

R2 a R4, R6 e R7 da placa, com os seguintes valores e cores:
R2 - 1 KΩ (marrom-preto-vermelho)
R3 - 2,2 KΩ (vermelho-vermelho-vermelho)
R4 - 680 Ω (azul-cinza-marrom)
R6 - 820 Ω (cinza-vermelho-marrom)
R7 - 100 KΩ (marrom-preto-amarelo)

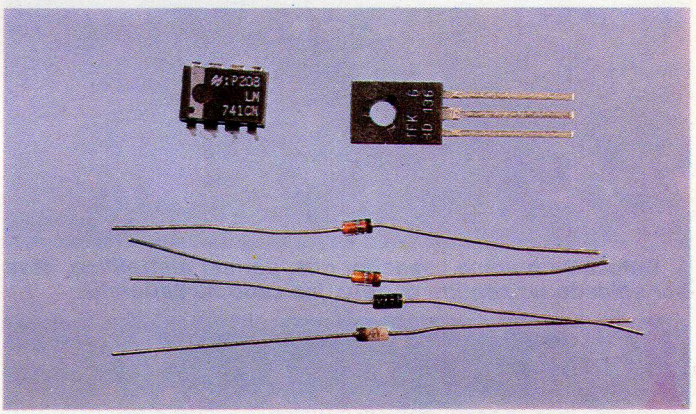
- 2 trim-pots, nas posições R1 e R5 da placa, com o seguinte valor:
  R1 - 10 KΩ
  R5 - 10 KΩ
- 1 capacitor eletrolítico, na posição C1 da placa, com o seguinte valor:
  C1 - 100 μF/25 V
- 1 transistor, na posição TR1 da placa, com o seguinte código:
  TR1 - BD136
- 1 circuito integrado, na posição CI1 da placa, com o seguinte código:
  CI1 - 741
- 2 diodos zener, nas posições D1 e D3 da placa, com os seguintes códigos para identificação:
  D1 - BZX79C 7V5 - 7,5 V
  D3 - BZX79C 4V7 - 4,7 V
- 2 diodos de sinal nas posições D2 e D4 da placa, com o seguinte código:
  D2 - 1N4148
  D4 - 1N4148
- 1 placa de circuito impresso de 65 mm x 47 mm
- 4 terminais tipo espadinha
- 8 parafusos de 1/8'' x 5 mm
- 4 espaçadores metálicos
- 1 cabinho preto AWG20 de 20 cm de comprimento
- 1 relê RU101012, na posição RL1.
- 2 cabinhos vermelhos AWG20 de 10 cm de comprimento

Conforme você pode observar pelo esquema elétrico, o carregador escolhido como equipamento base é composto por um transformador, cujo primário está ligado à rede elétrica por meio de uma chave comutadora de tensão que permite ligar o aparelho em 110 V ou 220 V.

O secundário pode fornecer 6 V ou 12 V, dependendo do tipo de bateria que se deseja carregar. A escolha da tensão com a qual se carregará a bateria é feita por meio da chave comutadora ligada ao secundário do transformador. A tensão obtida no secundário é retificada por uma ponte de diodos, cuja saída de sinal positivo leva a corrente

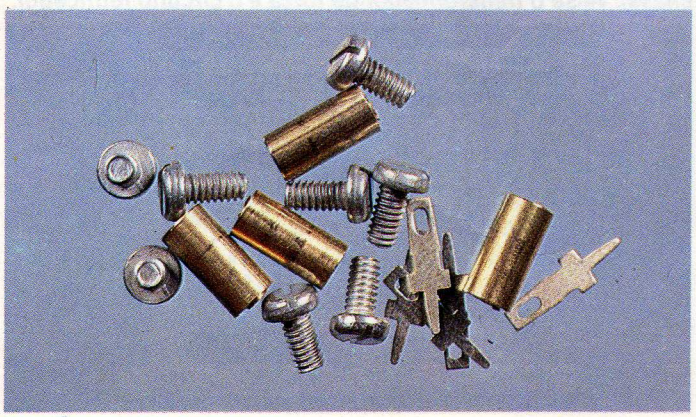


4. Aqui, o único capacitor necessário que é do tipo eletrolítico e o relê, que na nossa montagem, é do tipo RU101012.

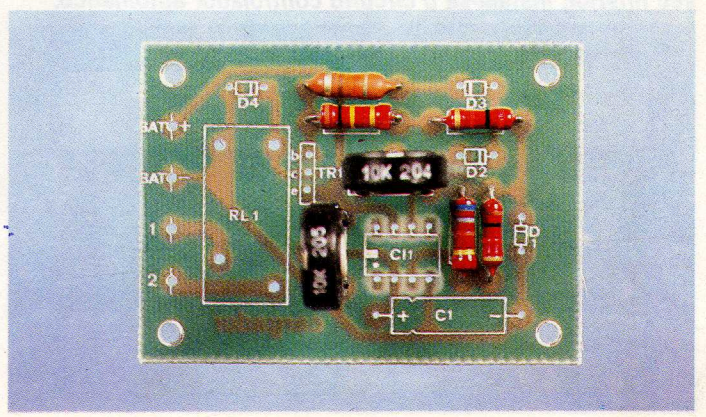


5. Os semicondutores utilizados para esse circuito são dois diodos de sinal, dois diodos zener, um transistor e um circuito integrado.

6. Terminais espadinha para as ligações, espaçadores metálicos e parafusos para a fixação mecânica.



7. Na primeira operação de montagem, inserem-se todos os resistores e trim-pots, nas posições predeterminadas.

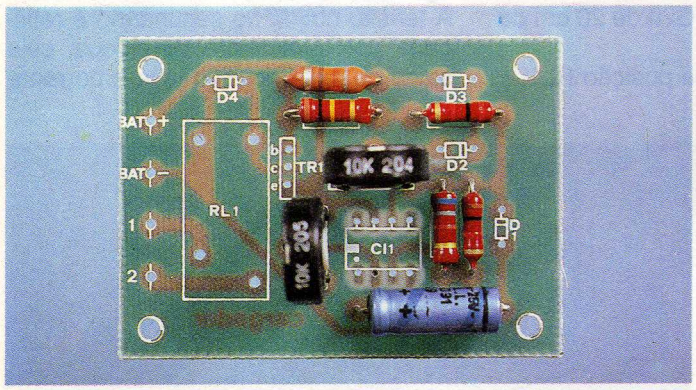


elétrica até a bateria. A saída negativa da ponte está ligada a um fusível que abre o circuito caso ocorra uma sobrecarga, e a um amperímetro em série que indica a corrente de carga. A partir do terminal desse instrumento, toma-se a saída para a bateria.

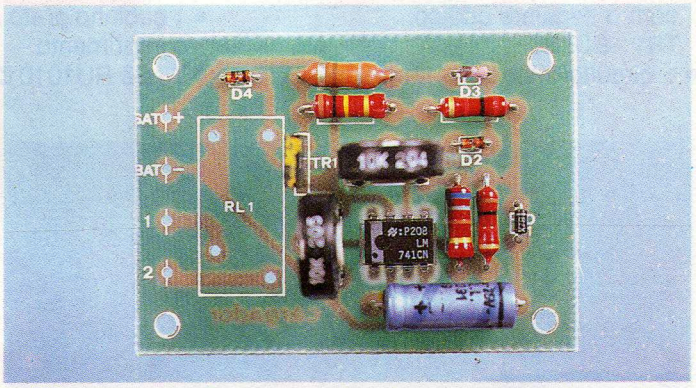
Ambas as saídas dispõem de garras jacaré que permitem efetuar as ligações nos dois terminais da bateria.

Esse modelo de carregador trabalha pelo processo de tensão constante. Com os dois terminais de saída desligados, a tensão mede, aproximadamente, 13,5 V, quando a chave comutadora do secundário está na posição 12 V. A corrente máxima que o carregador fornece é de 5 A. O circuito eletrônico, denominado controlador, que deverá ser ligado ao carregador de bateria, alimenta-se diretamente com a tensão de saída do aparelho e analisa a tensão que a bateria vai progressivamente adquirindo sem necessidade de uma ligação posterior. Essa análise da tensão é realizada através do resistor variável R1, cujo cursor está ligado à entrada inversora (terminal 2) do circuito integrado CI1, que é um amplificador operacional. O capacitor CI1 efetua a filtragem da tensão nessa entrada para eliminar ao máximo a ondulação residual. A tensão aplicada à entrada não-inversora (terminal 3) é constante e estabilizada pelo diodo zener D1 em um valor de 7,5 V, que desempenha uma função de referência.

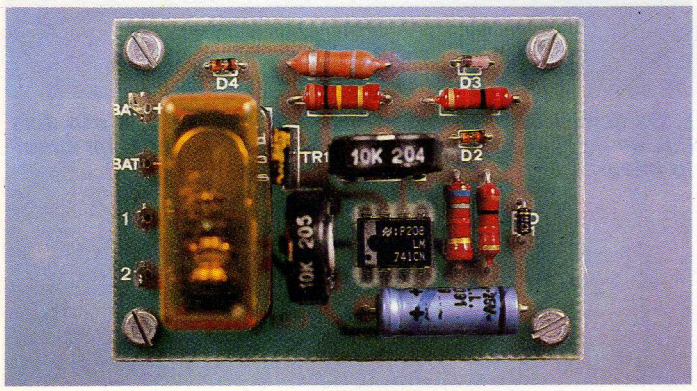
Quando a tensão da bateria está baixa e requer nova carga, a tensão da entrada 2 é inferior à tensão da entrada 3, resultando na saída 6 uma tensão positiva muito próxima da tensão de alimentação. Nessas condições, o transistor TR1, que é PNP, recebe em sua base e em seu emissor tensões seme-



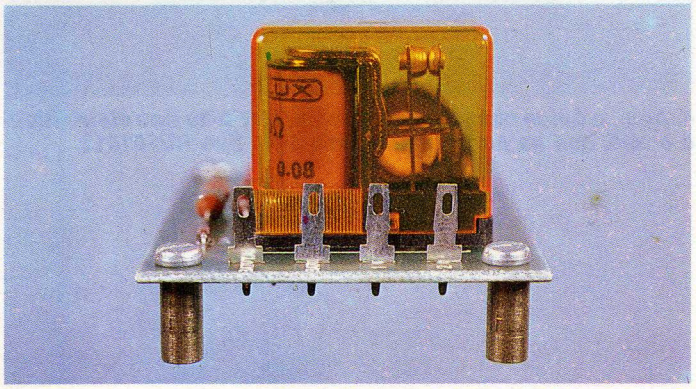
8. Coloca-se o único capacitor que, por ser eletrolítico, deve ser soldado no sentido correto, indicado na serigrafia.



9. Montam-se todos os semicondutores, tomando cuidado com as suas respectivas posições, para não invertê-las.



10. Por fim, são montados o relê, os terminais espadinha e os espaçadores metálicos. O circuito estará completo.

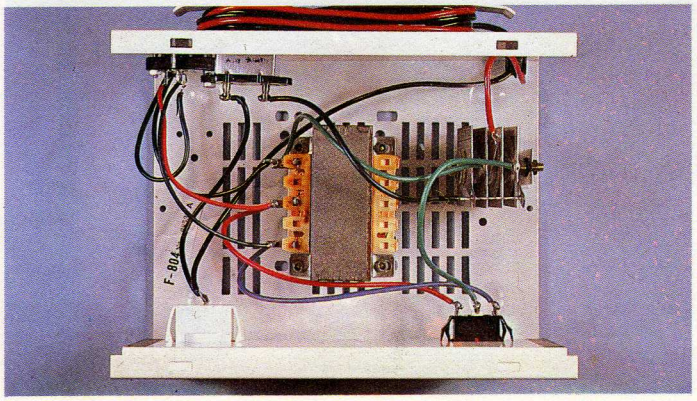


11. Vista lateral do circuito. Observe os parafusos que permitem a sua fixação mecânica.

12. Modelo de carregador escolhido como aparelho-base. No seu interior, instala-se o circuito controlador automático.



13. Interior do carregador escolhido, sem a tampa. Sobre o chassi, vê-se o transformador de força e o circuito retificador.

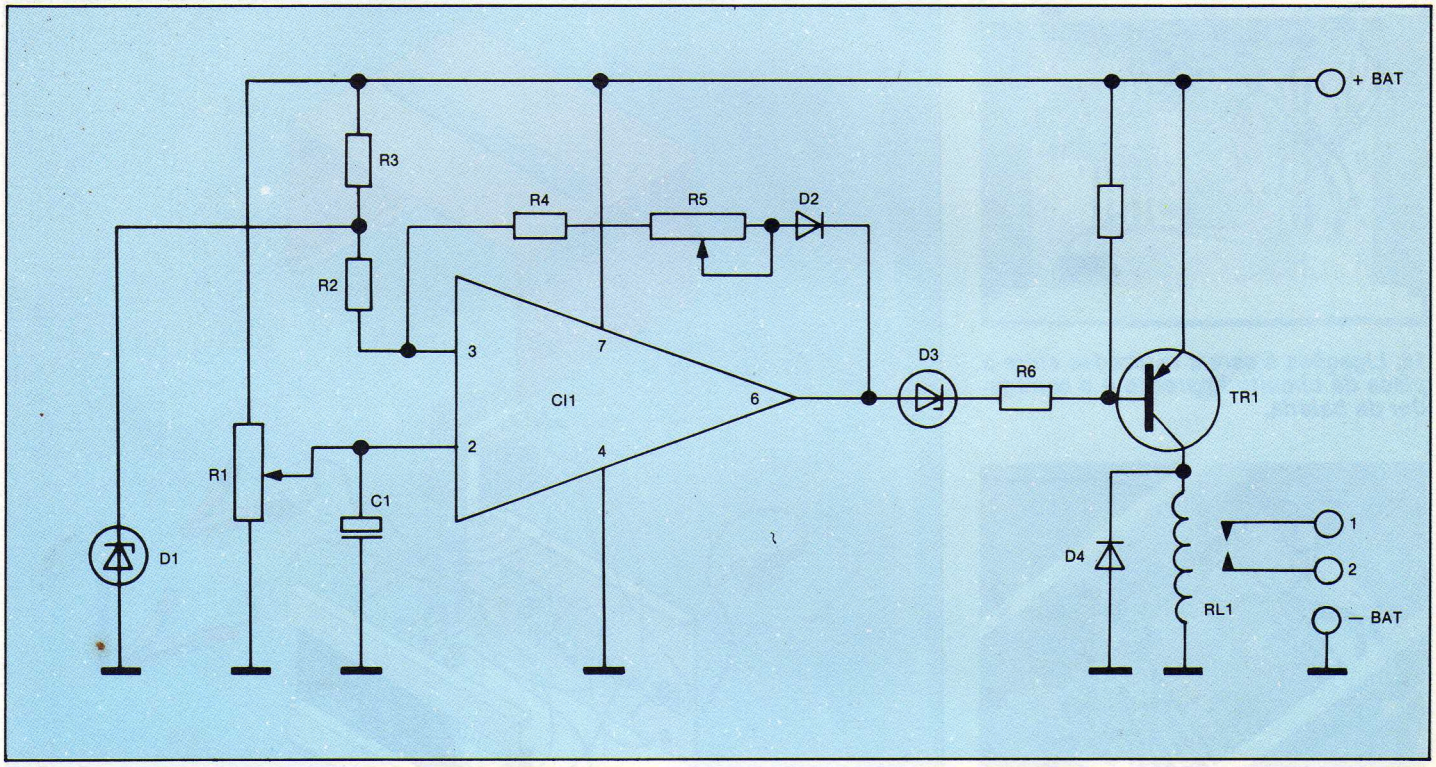


lhantes, permanecendo bloqueado. Conseqüentemente, o relê, cuja bobina está ligada ao coletor de TR1, acaba sendo desativado. Assim, os contatos 1 e 2 do relê permanecem unidos, permitindo que a corrente de carga passe por eles e chegue até a bateria.

Quando a tensão que a bateria recebe, em decorrência do processo de carga, eleva-se suficientemente, a tensão no terminal 2 de CI1 supera a tensão no terminal 3. Portanto, a saída 6 adquire uma tensão próxima da massa, isto é, de 0 V, e isso faz com que TR1 sature, ativando o relê, com a conseqüente abertura de seus contatos e a interrupção da carga na bateria. Essa situação mantém-se até que a tensão da bateria desça ligeiramente. Nesse momento, o relê é desativado e o processo de carga na bateria é reiniciado.

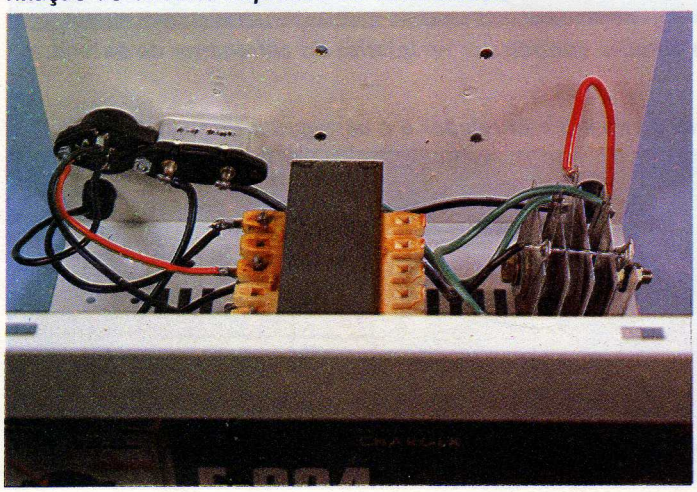
Para o relê não oscilar continuamente, usa-se a rede de realimentação formada por R4, R5 e D2, que somente trabalha quando o terminal 6 possui uma tensão próxima de 0 V, pois diminui o ganho do amplificador operacional, tornando-o menos sensível às pequenas variações de tensão da bateria.

O circuito impresso deve ser montado de acordo com as regras já conhecidas. Primeiro, soldam-se todos os resistores e trim-pots nas posições predeterminadas (veja foto 7). Solda-se, a seguir, o único capacitor, que, por ser eletrolítico, deve ser obrigatoriamente instalado no sentido correto, indicado claramente na serigrafia (veja foto 8). Montam-se, então, todos os semicondutores, tomando cuidado com as respectivas posições, de forma a não invertê-las. O transistor deve ser montado com a face metálica voltada para o local de colocação do relê (veja foto 9). Enfim, montam-se o relê, os terminais

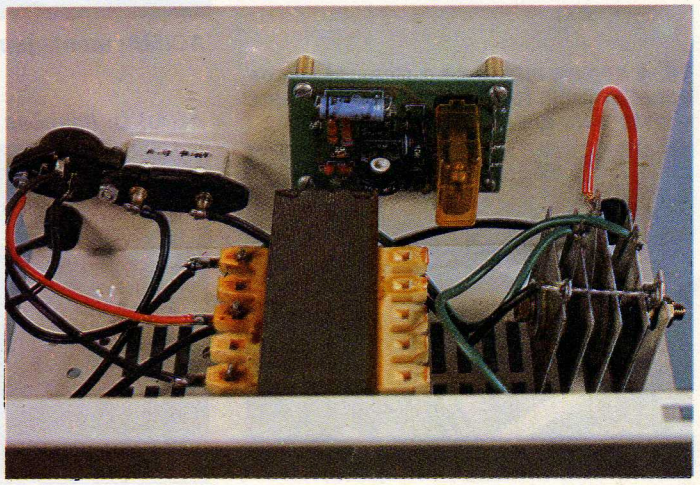


Esquema elétrico do circuito do controlador automático.

14. Na parede posterior, devem ser feitos quatro furos para a fixação do circuito impresso do controlador.



15. O circuito impresso já montado na parede posterior com quatro parafusos. A seguir, faz-se a ligação dos fios.



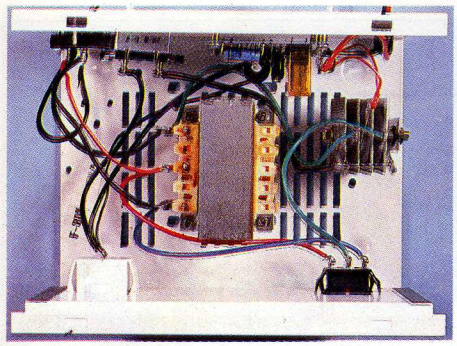
espadinha e os espaçadores (veja fotos 10 e 11).

Para a correta instalação do controlador, há duas opções possíveis: ligação no interior do chassi do carregador e ligação na parte externa do chassi do carregador.

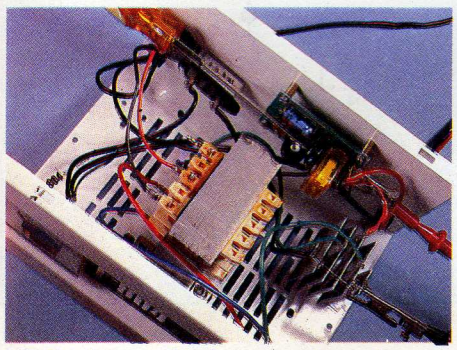
Para a ligação no interior do chassi do carregador, é necessário fazer quatro furos sobre o chassi para a fixação da placa. Os terminais espadinha + BAT e – BAT devem ser ligados, respectivamente, aos cabos vermelho e preto de saída do carregador. Os terminais 1 e 2 devem ser indiferentemente ligados em série com o cabo positivo de saída ou, ainda, com o cabo negativo de saída do carregador (veja foto 16).

Para a ligação na parte externa do chassi do carregador, não é necessário abrir o carregador, já que as ligações são realizadas nos dois condutores de saída. Para essa finalidade, um dos condutores, de preferência o vermelho (positivo), deve ser cortado, soldando suas extremidades aos terminais espadinha 1 e 2. A alimentação da placa é retirada dos terminais diretamente ligados com a bateria ou, então, dos outros condutores de saída.

Os ajustes das tensões limites superior e inferior realizam-se através dos trim-pots R1 e R5. O trim-pot R1 deve ser ajustado de forma que o relê interrompa a carga da bateria a uma tensão de 13,2 V, aproximadamente, medida com um voltímetro entre os condutores de saída (veja foto 17). Em seguida, ajusta-se o trim-pot R5 com a finalidade de fixar a tensão mínima necessária para o início do procedimento de carga. Essa tensão situa-se em torno de 11 V (veja foto 18). Dessa maneira, o carregador de bateria já está pronto para ser utilizado.

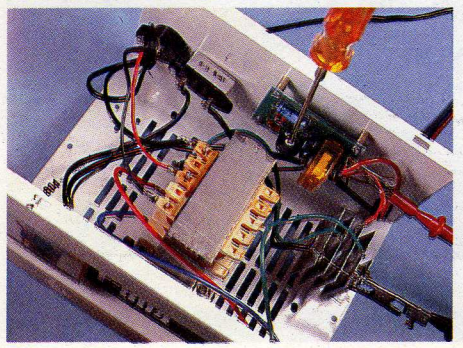


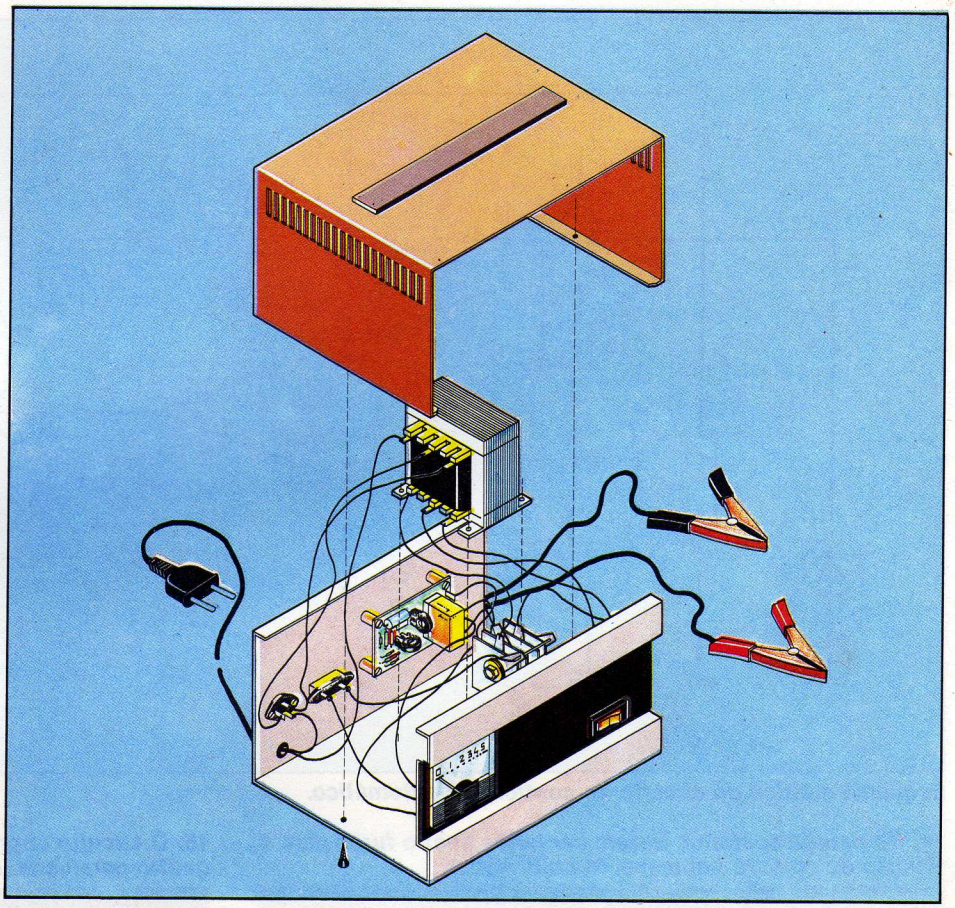
16. Ligações a serem realizadas entre a placa de circuito impresso e o carregador de bateria.



17. O trim-pot R1 deve ser ajustado conforme mostra a foto.

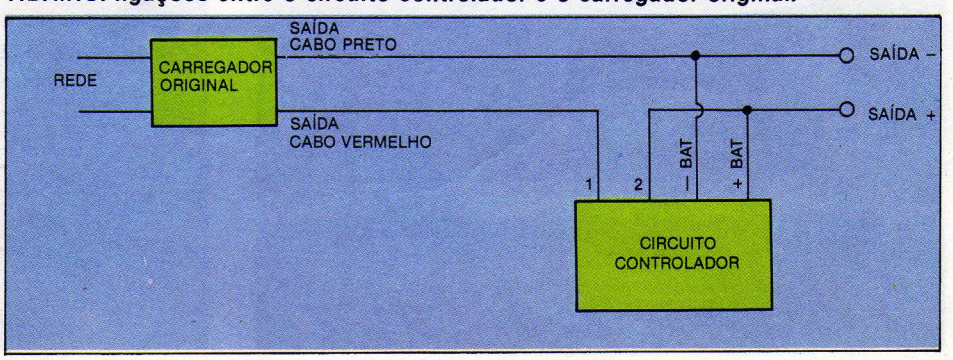
18. A seguir, ajusta-se o trim-pot R5, de acordo com a foto. O equipamento está pronto para ser usado.





ACIMA: montagem do circuito controlador no interior do carregador de bateria.

ABAIXO: ligações entre o circuito controlador e o carregador original.



O AMPLIFICADOR (2)

Todos os pré-amplificadores apresentam uma série de recursos (formas de seleção, equalização, controle de volume e outros), indispensáveis para o seu bom funcionamento. Você vai conhecer cada um deles e saber aproveitar ao máximo as suas possibilidades.

No capítulo anterior, descrevemos os equipamentos externos (toca-discos, toca-fitas, sintonizador, microfone, etc.) que podem ser conetados ao pré-amplificador. Descrevemos, também, o seletor das fontes de sinais e classificamos esse componente em dois grandes grupos: o dos comutadores rotativos e o dos eletrônicos. Agora, continuaremos o estudo sobre os pré-amplificadores, caracterizando as formas de seleção.

Formas de seleção

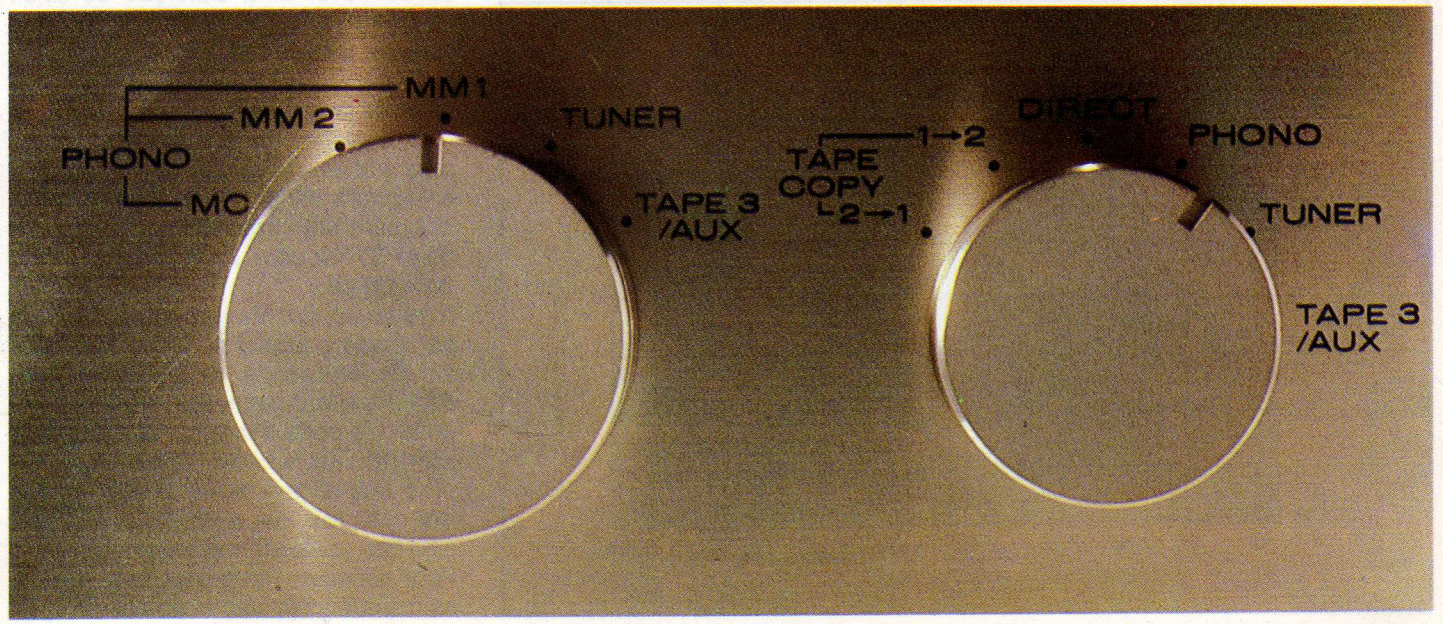
A forma de seleção mais simples consiste em dispor um comutador, com uma posição diferente, para cada possível sinal de entrada. Assim, deverão existir tantos comutadores quantas forem as entradas de sinais. Para a seleção de uma determinada entrada, coloca-se o comutador na posição desejada, e o sinal escolhido passará. O restante das fontes fica fora do circuito, de modo que, mesmo que as fontes funcionem normalmente, o sinal que enviam ficará bloqueado.

Atualmente, a tendência é distribuir as formas de seleção em dois grupos separados de comutação. Um deles, que seleciona as entradas/saídas do toca-fitas, tem uma de suas posições indicada com FONTE ou SOURCE, o que significa que a entrada selecionada é a marcada por outro comutador.

Esse mesmo grupo de comutação pode possuir posições para reprodução do som de um ou mais toca-fitas, que são marcadas com MONITOR, assim como para permitir que o sinal seja enviado do gravador n.º 1 para o gravador n.º 2, ou vice-versa. Essas últimas posições podem ser marcadas com COPIA, COPY, DUBBING ou grafismos, como 1→2 e 2→1, que são mais claros e ilustrativos.

Em todos os equipamentos, dispõe-se de sinal para gravação na saída (ou saí-

ABAIXO: atualmente, a tendência é montar dois grupos de comutação, um dos quais tem uma posição (SOURCE) que passa o controle para o outro grupo. É esse grupo que realmente faz a seleção.



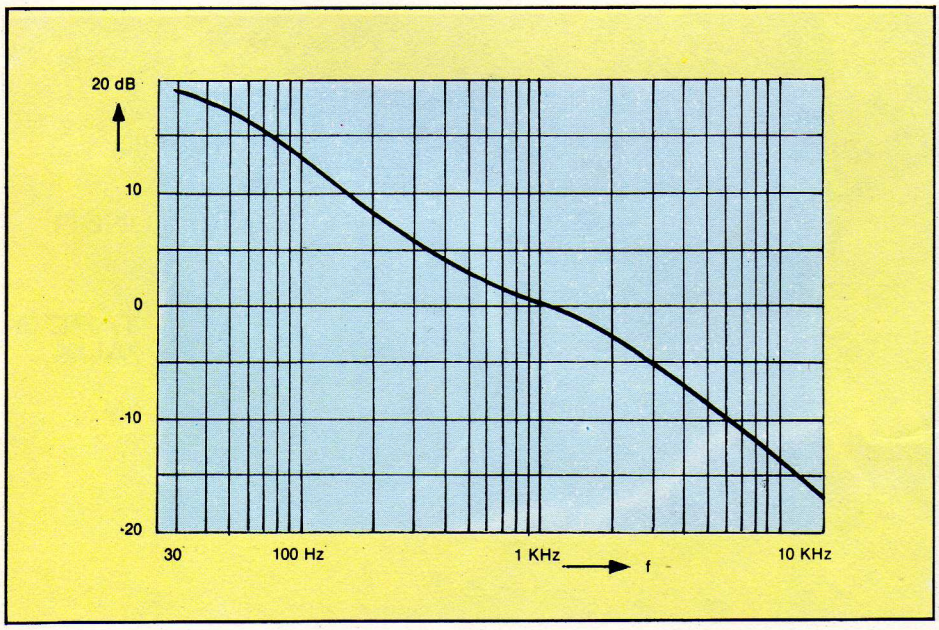
Quadro resumo de sensibilidades e impedâncias

Fonte		Sensibilidade	Impedância	Capacitância	
CÁPSULA	MAGNÉTICA (MM)	1,5 - 2,5 mV	47 - 50 KΩ	200 - 300 pF	Alta sensibilidade
	MAGNÉTICA VARIÁVEL	1 - 10 mV	30 - 100 KΩ	100 - 500 pF	
	BOBINA MÓVEL (MC)	0,1 - 0,2 mV	menos de 600 Ω	—	
MICROFONE	BAIXA IMPEDÂNCIA	1 - 2 mV	menos de 600 Ω	—	
	ALTA IMPEDÂNCIA	2 - 5 mV	mais de 10 KΩ	—	
SINTONIZADOR GRAVADOR AUXILIAR		150 mV ou menos	100 KΩ ou menos	—	Baixa Sensibilidade
		250 mV	100 KΩ ou mais	—	
PARA GRAVAÇÃO	DIN	1 mV ou menos	1 KΩ ou menos	—	Gravação
	CINCH	100 mV ou mais	50 KΩ	—	

Equivalências de fatores de sobrecarga

FATOR DE SOBRECARGA	2	5	10	20	25	50	100
EQUIVALÊNCIA EM DECIBÉIS	6	14	20	26	28	34	40

ABAIXO: correção RIAA. Quando uma cápsula eletromagnética reproduz o sinal de um disco, é necessário fazer uma correção ou modificação da resposta em função da freqüência ou, então, uma equalização. Atualmente, só é empregada a correção correspondente à RIAA.



das) para gravador, de forma que é o sinal que o pré-amplificador reproduz o enviado para a gravação no toca-fitas. Assim, é excluído o sinal do toca-fitas que está reproduzindo no momento.

Sensibilidades e Impedâncias

A sensibilidade de entrada de um pré-amplificador é a tensão que deve ser aplicada à sua entrada para que o aparelho possa funcionar corretamente. Quanto mais baixo for o valor da sensibilidade, maior será a sensibilidade da entrada. O valor da sensibilidade deve ser acompanhado pelo valor da impedância de entrada, que é a resistência elétrica apresentada pelas entradas correspondentes do pré-amplificador. Em alguns casos, principalmente quando se trata de uma entrada para a cápsula magnética, costuma-se dar também a capacitância de entrada do pré-amplificador.

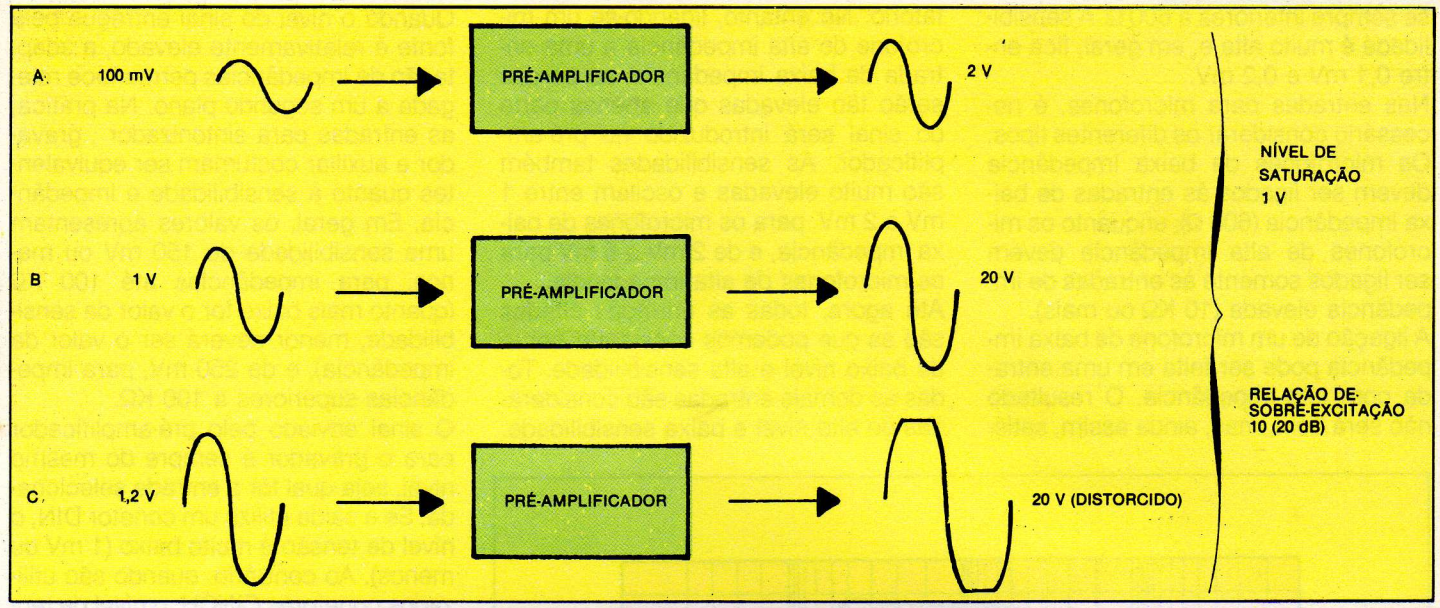
Para se fazer uma transferência ótima de sinal de um aparelho para o pré-amplificador, a impedância de ambos deve ser igual. Esse fato justifica a importância da impedância de entrada.

Impedâncias diferentes não significam perigo para a integridade física dos equipamentos, mas impedem que se obtenha o máximo rendimento possível. Da mesma forma, se é enviado ao pré-amplificador uma tensão menor que a especificada na sensibilidade, não se conseguirá obter a máxima potência de saída no amplificador. Se, ao contrário, a tensão de entrada é muito superior à sensibilidade, corre-se o risco de haver uma distorção do sinal, mas sem perigo para os circuitos. Mais adiante, voltaremos a esse assunto.

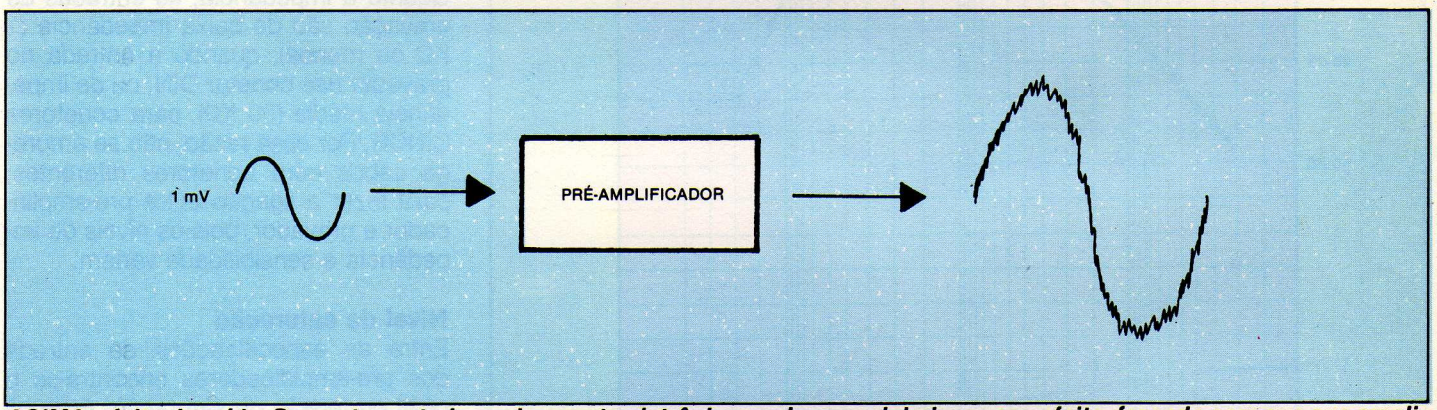
Valores práticos

Nas entradas para cápsulas eletromagnéticas (MM), as sensibilidades costumam variar entre 1,5 mV e 2,5 mV, para uma impedância de entrada de 47-50 KΩ, com uma capacitância de 200-300 pF.

A cada dia, um número maior de equipamentos possui seletor de impedância de entrada e sensibilidade para cápsula eletromagnética. Assim, a impedância pode ser escolhida entre 30 KΩ e 100 KΩ, a capacitância entre 100 pF e 500 pF e a sensibilidade entre 1 mV e 10 mV, dependendo dos aparelhos que completam o sistema de som. Para cápsulas de bobina móvel (MC), as impedâncias são muito baixas, qua-

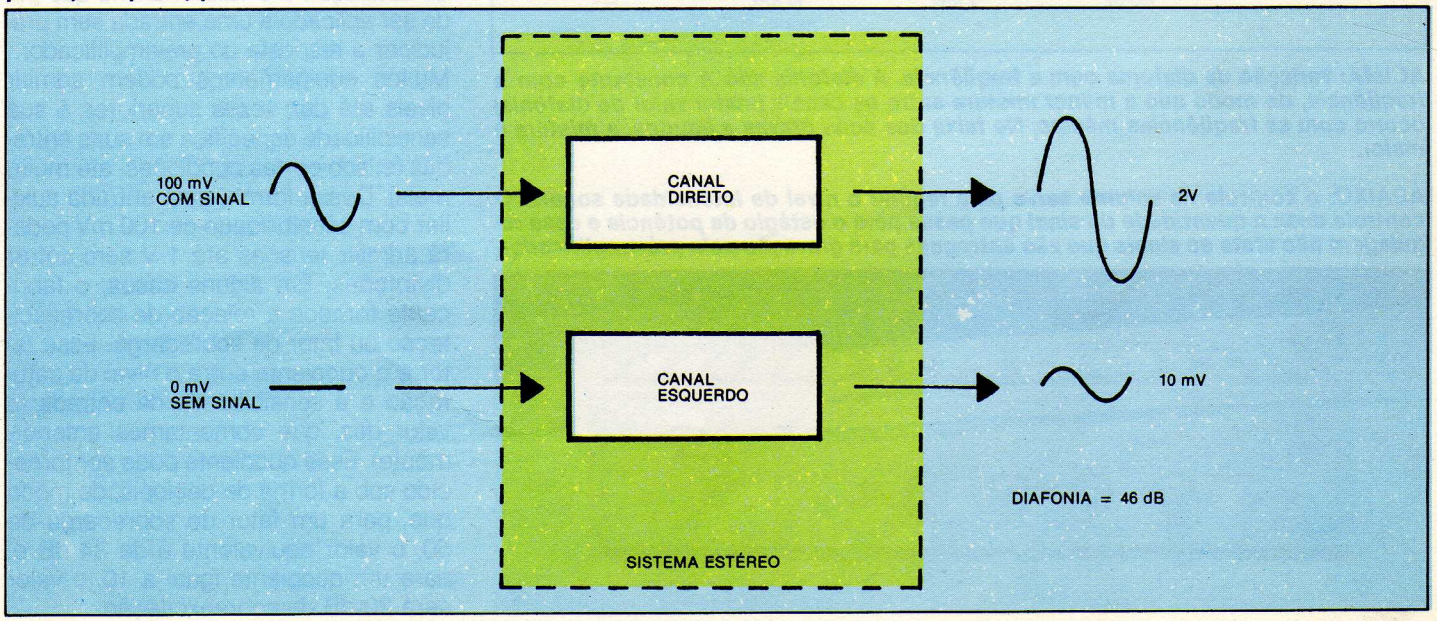


ACIMA: efeito de saturação. As entradas não admitem tensões superiores ao nível denominado nível de saturação. Quando este nível é ultrapassado, o pré-amplificador pode distorcer o sinal.



ACIMA: efeito do ruído. Presente em todo equipamento eletrônico, podemos minimizar o seu efeito, fazendo com que sua amplitude seja a menor possível. Quanto maior for a relação S/N de um equipamento, maiores serão os obstáculos ao ruído.

ABAIXO: efeito da diafonia. A diafonia entre canais de um sistema estereofônico é produzida quando o sinal de um dos canais passa, em parte, para o outro, misturando-se com ele.

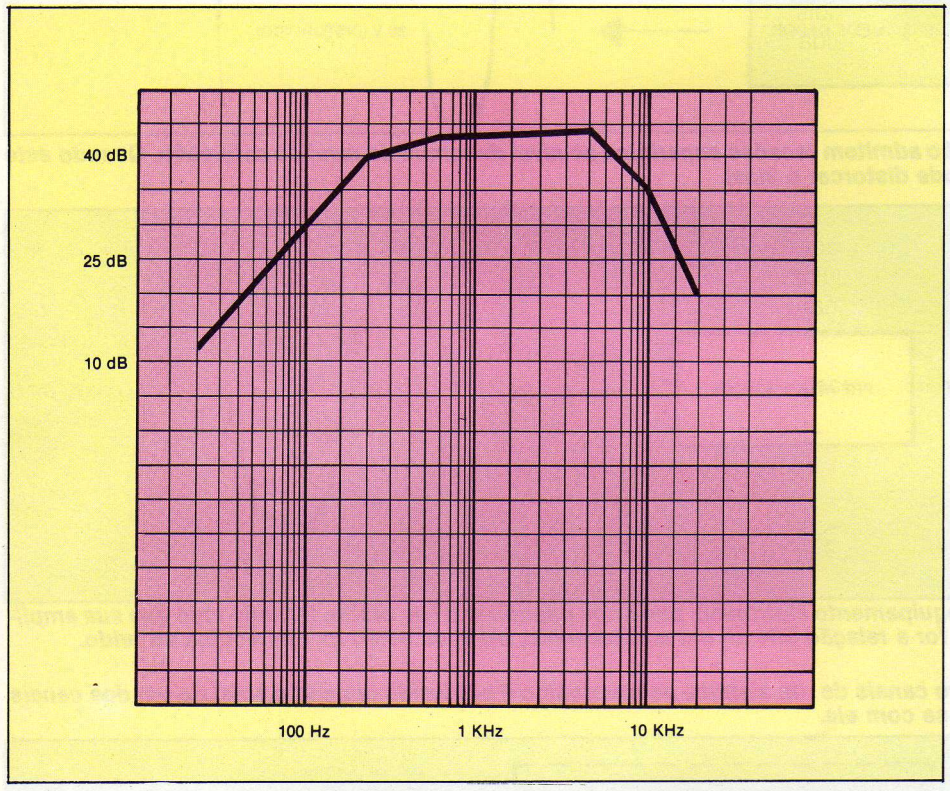


se sempre inferiores a 600 Ω. A sensibilidade é muito alta e, em geral, fica entre 0,1 mV e 0,2 mV.

Nas entradas para microfones, é necessário considerar os diferentes tipos. Os microfones de baixa impedância devem ser ligados às entradas de baixa impedância (600 Ω), enquanto os microfones de alta impedância devem ser ligados somente às entradas de impedância elevada (10 KΩ ou mais).

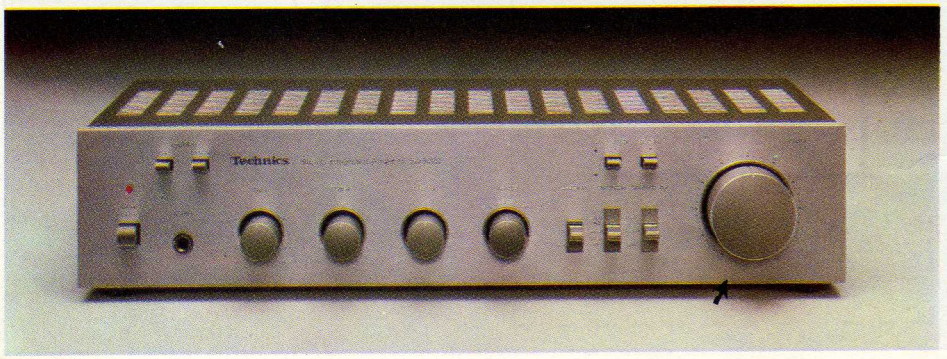
A ligação de um microfone de baixa impedância pode ser feita em uma entrada com alta impedância. O resultado não será bom, mas, ainda assim, satisfatório. No entanto, ligando-se um microfone de alta impedância a uma entrada de baixa impedância, as perdas serão tão elevadas que apenas parte do sinal será introduzido no pré-amplificador. As sensibilidades também são muito elevadas e oscilam entre 1 mV e 2 mV, para os microfones de baixa impedância, e de 2 mV a 5 mV para os microfones de alta impedância.

Até agora, todas as entradas citadas são as que podemos considerar como de baixo nível e alta sensibilidade. Todas as demais entradas são consideradas de alto nível e baixa sensibilidade.



ACIMA: variação da diafonia com a freqüência. A diafonia não é constante com a freqüência, de modo que a menor mistura entre os canais (maior valor de diafonia) ocorre com as freqüências médias. Na faixa dos sons graves e agudos, a mistura é maior.

ABAIXO: o controle de volume serve para regular o nível de intensidade sonora. O controle dosa a quantidade de sinal que passa para o estágio de potência e essa regulagem não afeta os sinais que são entregues para gravação pelo pré-amplificador.



Quando o nível do sinal entregue pela fonte é relativamente elevado, a adaptação de impedâncias permanece relegada a um segundo plano. Na prática, as entradas para sintonizador , gravador e auxiliar costumam ser equivalentes quanto à sensibilidade e impedância. Em geral, os valores apresentam uma sensibilidade de 150 mV ou menos, para impedâncias até 100 KΩ (quanto mais baixo for o valor da sensibilidade, menor deverá ser o valor da impedância), e de 250 mV, para impedâncias superiores a 100 KΩ.

O sinal enviado pelo pré-amplificador para o gravador é sempre do mesmo nível, seja qual for a entrada selecionada. Se a saída utiliza um conetor DIN, o nível de tensão é muito baixo (1 mV ou menos). Ao contrário, quando são utilizados conetores CINCH, o nível de tensão é bem mais alto (100 mV ou mais). Quanto à impedância, as entradas de gravação são de baixa impedância (1 KΩ ou menos), quando a entrada no gravador usa conetor DIN, ou de impedância média (50 KΩ), para conetores CINCH. Por essa razão, não se emprega cabos com conetores diferentes, para fazer a ligação entre pré-amplificador e gravador, pois os níveis de impedância e sensibilidade variam.

Nível de saturação

Entre as especificações de entrada dos pré-amplificadores encontra-se o nível ou tensão de saturação. Esse nível é o valor além do qual o pré-amplificador fica saturado e a distorção aumenta rapidamente. Portanto, o nível de saturação é o valor máximo que pode ser aplicado a uma entrada sem prejudicar a resposta do pré-amplificador.

Muitos equipamentos podem admitir níveis até dez vezes superiores à sua sensibilidade específica em suas entradas (e, sob certas condições, até muito mais). Dessa forma, uma entrada auxiliar com sensibilidade de 100 mV poderá admitir tensões até 1 V sem sofrer distorções. Em alguns casos, o fabricante fornece a relação de sobreexcitação ou fator de sobrecarga. Esse fator é o quociente entre o nível de saturação e a sensibilidade da entrada (o valor dez, que comentamos anteriormente). Esse quociente pode ser fornecido sob a forma de decibéis, de modo que, para um fator de sobrecarga de 50, o valor equivalente é de 34 dB e, para um quociente igual a 10, o valor será 20 dB de sobreexcitação.

Equalização

Quando se faz a gravação de um disco, pode-se realçar (dar maior amplitude) os sinais de freqüência elevada em relação aos sinais de baixa freqüência. Esse realce segue uma lei prefixada e padronizada universalmente. Foram propostas diferentes curvas de padronização, mas, atualmente, emprega-se apenas uma delas, que foi apresentada pela RIAA (***Recording Industries Association of America***, em inglês).

Quando se recolhe a informação gravada em um disco, é necessário providenciar a reconversão ao som original, o que é feito atenuando-se as notas agudas em relação às graves. Essa transformação recebe o nome de equalização.

Em função da equalização dada pela curva RIAA, os fabricantes costumam dar a porcentagem de erro ou de separação dessa curva presente nos equipamentos. Essa separação é fornecida em decibéis. São aceitáveis variações até 0,5 dB, mais ou menos, em relação à curva padronizada (0,5 dB equivale a um erro de 6%).

Relação sinal-ruído

Quando é medida a tensão de um sinal em um pré-amplificador, podemos observar que, quando o nível da tensão for zero na entrada, ainda podemos medir uma pequena tensão na saída. Essa tensão não pode ser do próprio sinal, já que ele é nulo na entrada. Esse componente, que é diferente do sinal, recebe a denominação de ruído.

A origem do ruído é variada, porém a fonte principal é o que se denomina ruído térmico. Se o ruído é gerado na primeira etapa do pré-amplificador (e os circuitos não são capazes de distinguí-lo do sinal útil), o equipamento amplificará os dois componentes, de forma que na saída existirá um certo nível de ruído.

Entende-se que o ruído estará misturado com o sinal, prejudicando a qualidade de reprodução. Por isso, sempre se procura minimizar o seu efeito, ainda que sua presença seja inevitável.

A quantidade de ruído que surge na saída do equipamento pode ser medida de duas maneiras. A primeira consiste em dar uma tensão equivalente de ruído. Os valores comuns, encontrados na prática, são de 1 μV ou inferiores. A segunda forma de medida, empregada mais habitualmente, consiste em fornecer o quociente entre as medidas do sinal e do ruído na saída. Esse quociente é denominado relação sinal-ruído e costuma ser marcado com S/N (sinal — ***signal***, em inglês — e ruído — ***noise***, em inglês). É expresso em decibéis e os valores aceitáveis situam-se acima de 70 dB.

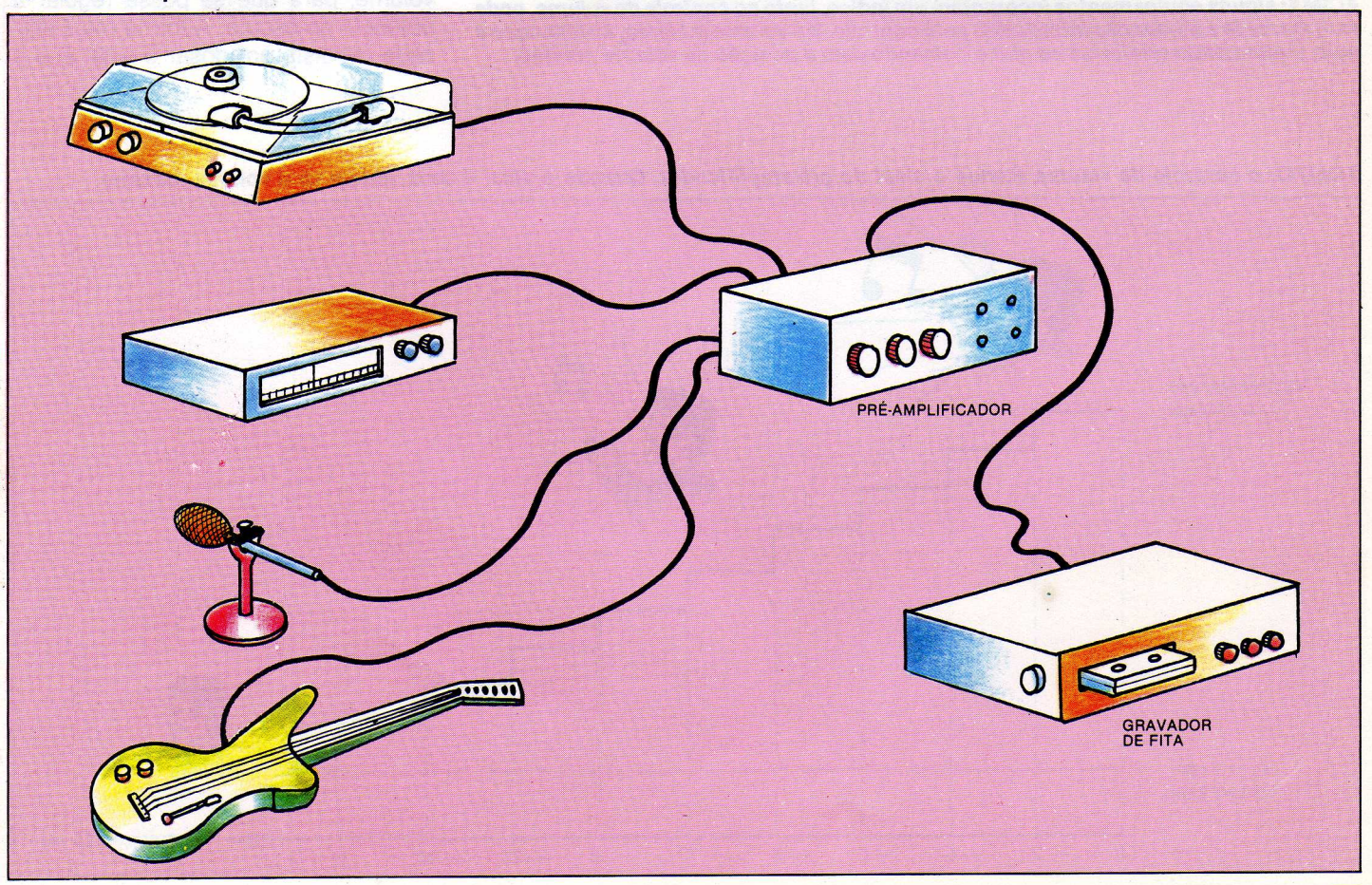
É conveniente, além disso, que se dê a relação sinal-ruído para a entrada ou entradas de maior sensibilidade, onde é necessário um maior ganho de sinal e, portanto, existe maior possibilidade de que o ruído interfira.

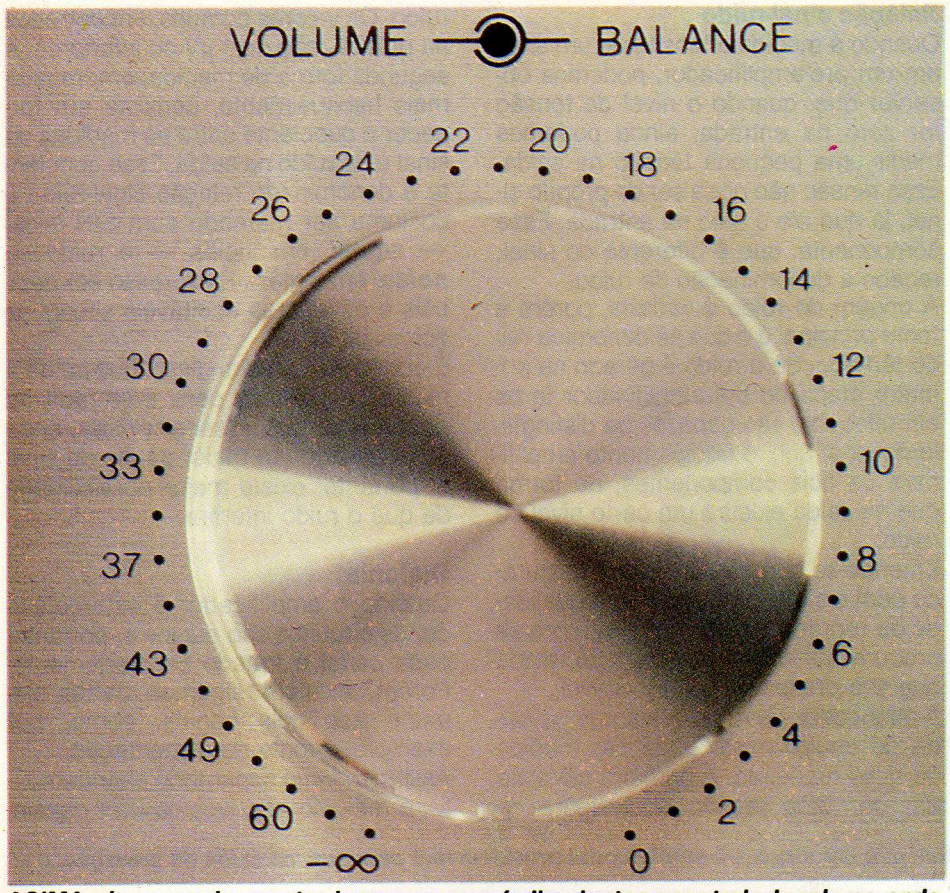
Diafonia

Quando o amplificador é estereofônico, os circuitos são duplos e, portanto, cada canal é tratado separadamente. Porém, existem algumas partes comuns aos dois canais, como, por exemplo, a fonte de alimentação.

Assim, mesmo separando eletricamente, o máximo possível, os dois canais,

ABAIXO: independentemente do nível do sinal que recebe, o pré-amplificador providenciará para que, na saída de gravação, o sinal tenha sempre o mesmo nível.





ACIMA: alguns equipamentos incorporam um índice, junto ao controle de volume, onde está marcada a atenuação introduzida pelo controle. No volume máximo, a atenuação é nula, aumentando conforme se gira o comando para a posição de volume mínimo.

há sempre algo do sinal de um deles que passa ao outro, de modo que a separação não pode ultrapassar certos limites. Esse fenômeno recebe o nome de diafonia.

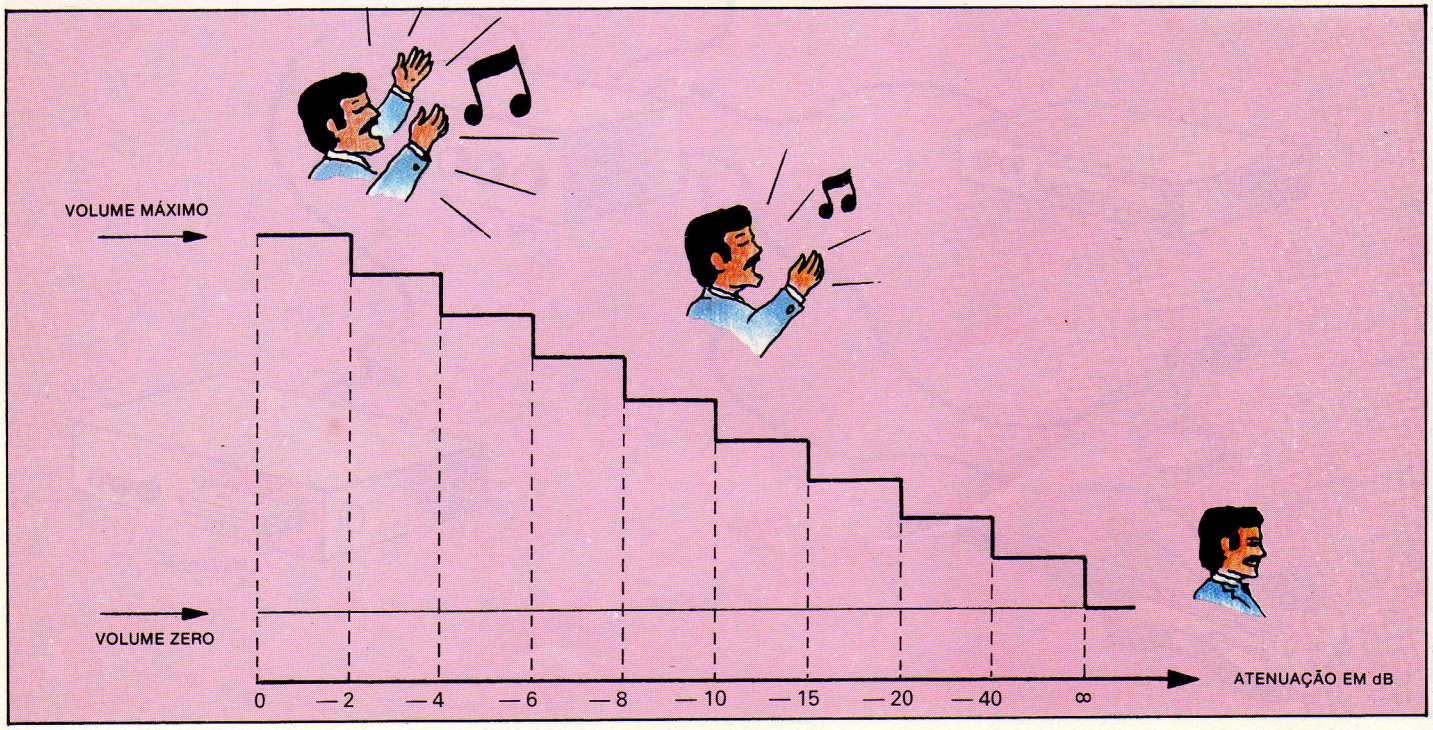
O meio comum de medir a diafonia consiste em calcular o quociente entre o sinal de um canal que sofre interferência e o sinal de um canal que interfere. Esse quociente deve ser o maior possível e expresso em decibéis. Os valores aceitáveis são superiores a 55 dB. Além disso, é necessário especificar em que freqüência de prova foi medida a diafonia, pois isso altera muito os números de áudio. As freqüências médias (1 KHz) são as que permitem menor diafonia, isto é, o maior valor expresso em decibéis.

O controle de volume

Quando ligamos uma fonte de sinal ao amplificador, a sensibilidade de entrada está calculada para que a saída (os alto-falantes) entregue o sinal a plena potência. Assim, mesmo que a saída seja de 40 W reais, por exemplo, nem sempre vamos escutar uma música nesse volume.

É necessário, portanto, um controle de volume, para que se possa regular a potência de escuta. A forma mais utilizada consiste em dosar o sinal que é

ABAIXO: o controle de volume atenua o sinal do pré-amplificador. Quando o sinal é zero, obtém-se o volume máximo.

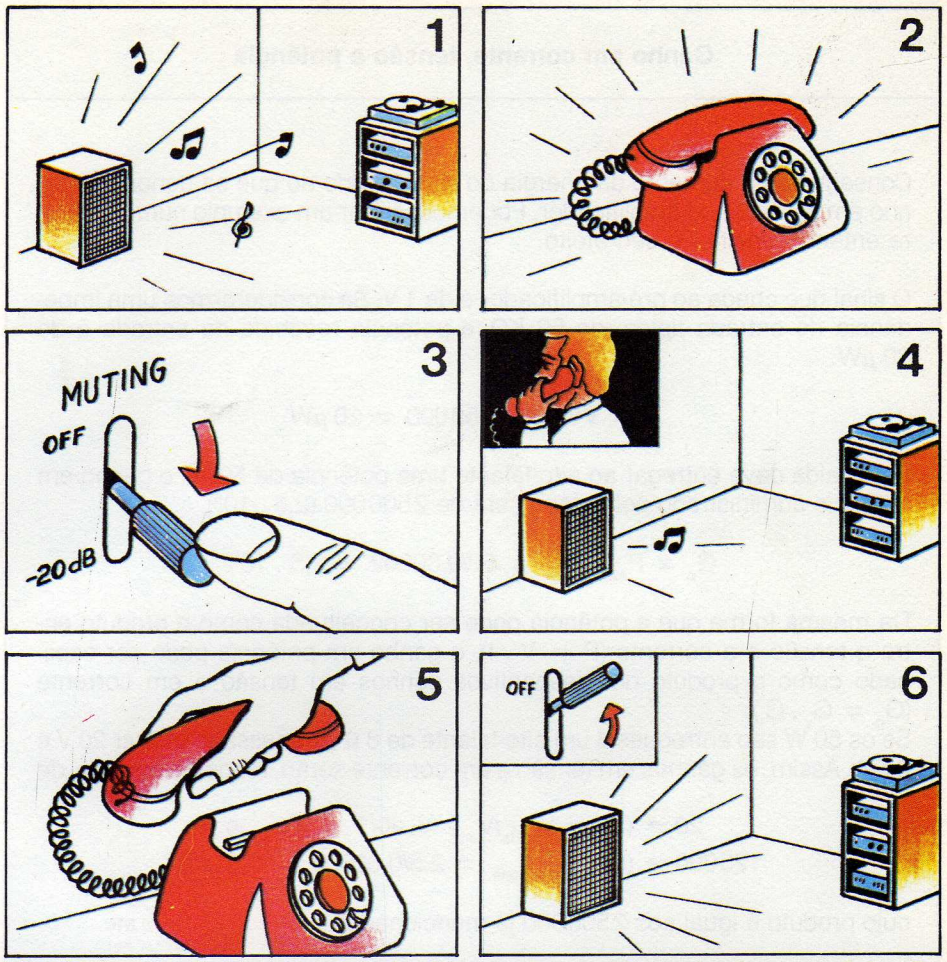


entregue à etapa de potência. Quanto menor a tensão, menor será a potência de saída.

O controle de volume, em geral, está colocado na saída da cabeça do pré-amplificador. O controle é um divisor de tensão, constituído por um potenciômetro ou, então, por um comutador que introduz uma relação variável em cada posição.

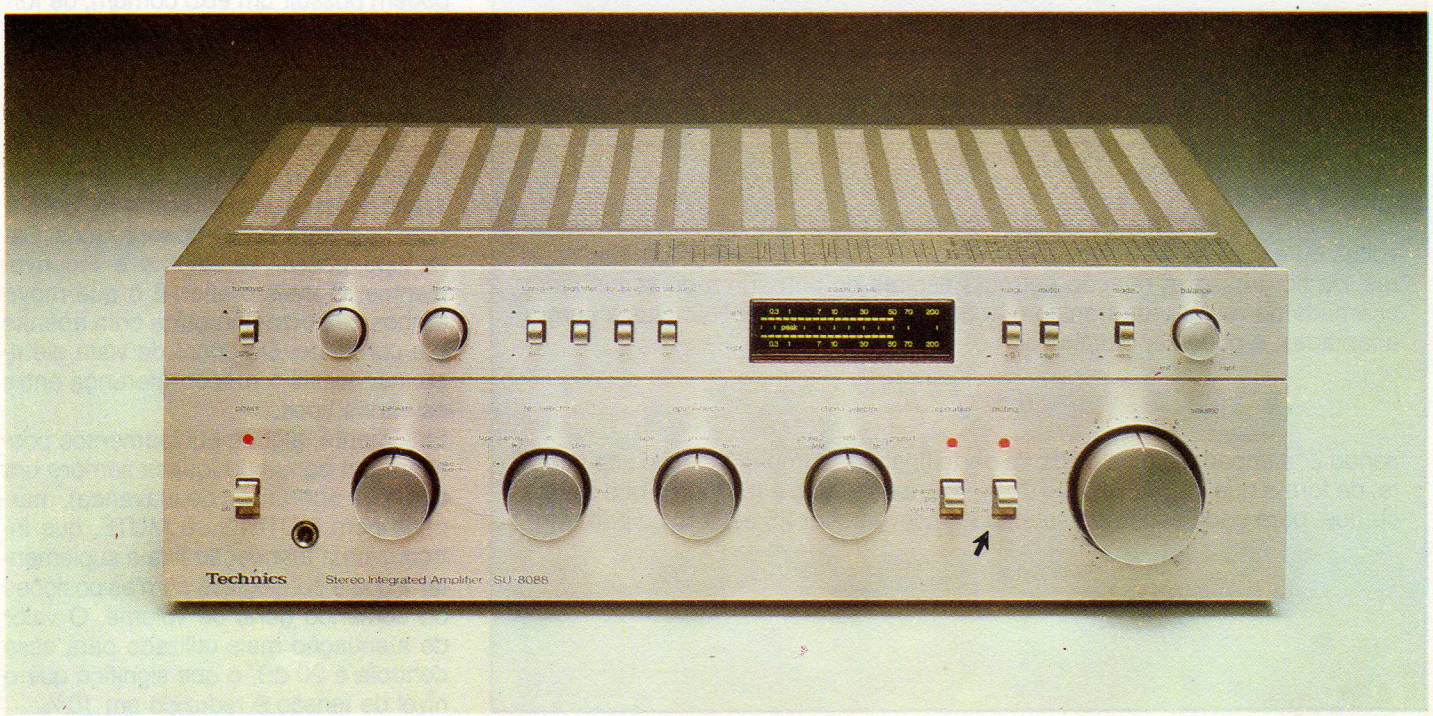
O potenciômetro é constituído por uma faixa de material eletricamente resistivo, de formato linear ou de formato em arco de circunferência, sobre a qual se apóia um contato elétrico ou cursor que se pode separar dessa faixa. O comutador, por sua vez, incorpora alguns resistores, ligados em série. Os contatos dos resistores são colocados de maneira que o comutador possa selecionar o ponto de união entre dois resistores quaisquer. O princípio é idêntico ao do potenciômetro, com a diferença de que neste as posições são contínuas e, no comutador, são discretas.

Geralmente, liga-se a saída da cabeça do pré-amplificador a uma extremidade do potenciômetro e a outra extremidade é ligada à massa. O cursor, então, poderá selecionar uma tensão que varia de zero até a tensão fornecida pela própria cabeça. Essa tensão seleciona-



ACIMA: o controle de muting é muito útil quando se está escutando uma música. Se o telefone tocar, basta ligar esse comando para reduzir o volume o suficiente para se manter uma conversação.

ABAIXO: controle de muting. Além da atenuação introduzida pelo comando de volume, em alguns aparelhos existe um comando que permite introduzir uma atenuação fixa e suplementar à do volume.



Ganho em corrente, tensão e potência

Consegue-se o aumento da energia do sinal devido ao que se denomina ganho em potência do amplificador. Podemos utilizar um exemplo numérico para entender melhor o seu efeito.

O sinal que chega ao pré-amplificador é de 1 V. Se considerarmos uma impedância de entrada típica, de 50 KΩ, a potência recebida na entrada é de 20 μW.

$$P = V^2/Z = 1^2/50000 = 20\,\mu W$$

Se a saída deve entregar ao alto-falante uma potência de 50 W, o ganho em potência administrado pela etapa será de 2500000 ($2{,}5 \cdot 10^6$).

$$G_p = P_{saída}/P_{entr.} = 50/0{,}00002 = 2{,}5 \cdot 10^6$$

Da mesma forma que a potência pode ser conceituada como o produto entre a tensão e a corrente ($P = V \cdot I$), o ganho em potência pode ser explicado como o produto dos respectivos ganhos em tensão e em corrente ($G_p = G_v \cdot G_i$).
Se os 50 W são entregues a um alto-falante de 8 Ω é necessário utilizar 20 V e 2,5 A. Assim, os ganhos em tensão e em corrente serão, respectivamente, de

$$20 \rightarrow (G_v = V_{saída}/V_{entr.} = 20/1 = 20) \quad \text{e}$$
$$125000 \rightarrow (G_i = I_{saída}/I_{entr.} = 2{,}5/0{,}00002 = 125000),$$

cujo produto é igual aos 2500000 já mencionados.

Adaptação de impedâncias

O enrolamento primário de um transformador possui um número elevado de voltas ou espiras, de fio fino, enquanto o secundário apresenta poucas espiras, de fio grosso. A relação entre as espiras do primário e do secundário, chamada de relação de transformação, depende das impedâncias a serem adaptadas, e pode ser definida como:

$$n = \sqrt{Z_1/Z_2}$$

sendo Z_1 a impedância de saída da parte final e Z_2 a impedância do alto-falante, de forma que $Z_1 = 2500\,\Omega$ e $Z_2 = 4\,\Omega$, e a relação é $n = 25$, o que significa que, para cada espira do secundário, deve-se ter 25 espiras no primário.

da é posteriormente tratada e passará à etapa de potência.
As saídas para gravador são sempre ligadas diretamente à cabeça do pré-amplificador, já que esse é o ponto onde se encontra um nível de tensão igual para todas as entradas. Além disso, esse nível não é afetado pela posição do controle de volume, isto é, a gravação não depende do volume da música que estamos escutando.
Os controles de volume podem ser lineares ou rotativos e são indicados por VOLUME ou abreviatura correspondente. Nos aparelhos de alta-fidelidade, quase sempre é utilizado o segundo modelo. O botão de comando que maneja o potenciômetro possui, em geral, uma escala fixa sobre a parte frontal do aparelho. A escala pode ser apenas orientadora (por exemplo, marcada linearmente de 0 a 10) ou, então, pode indicar a atenuação introduzida pelo controle de volume. Quando a escala marca a atenuação do sinal, está dividida em decibéis. Dessa maneira, quando o volume é nulo, a atenuação marcada é infinita ($-\infty$) e, quando o volume é máximo, a atenuação é 0 dB. Todos os valores intermediários são negativos e, geralmente, marcam-se apenas os pontos cuja diferença é de 1 dB ou 2 dB.
Nos equipamentos estereofônicos, o comando de volume é duplo, correspondendo a um potenciômetro para cada canal. Os dois potenciômetros podem possuir um eixo comum, de forma que o volume é regulado simultaneamente e em quantidade igual para os dois canais. Os comandos também podem ser independentes. Nesse caso, podemos encontrar comandos separados (dois botões) ou comandos axiais (com um eixo comum), porém com os potenciômetros separados. Cada tipo possui vantagens e inconvenientes. O mais prático é o que move ambos os potenciômetros com apenas um comando. Do ponto de vista elétrico, não existe a menor diferença entre os vários tipos.
Finalmente, alguns equipamentos possuem um comando (quase sempre um botão de apertar ou de alavanca), marcado com MUTING ou MUTE, que introduz uma atenuação fixa e suplementar à que é conseguida com as posições do comando geral de volume. O valor de atenuação mais utilizado para esse controle é 20 dB, o que significa que o nível de tensão é reduzido em 10%.

O FUNCIONAMENTO DO TOCA-DISCOS (1)

Quais as partes que compõem um toca-discos e como funcionam? Responderemos a essas perguntas, começando por um conjunto fundamental de componentes: a cápsula fonocaptadora e a agulha de leitura. Descreveremos os vários tipos e analisaremos o seu funcionamento.

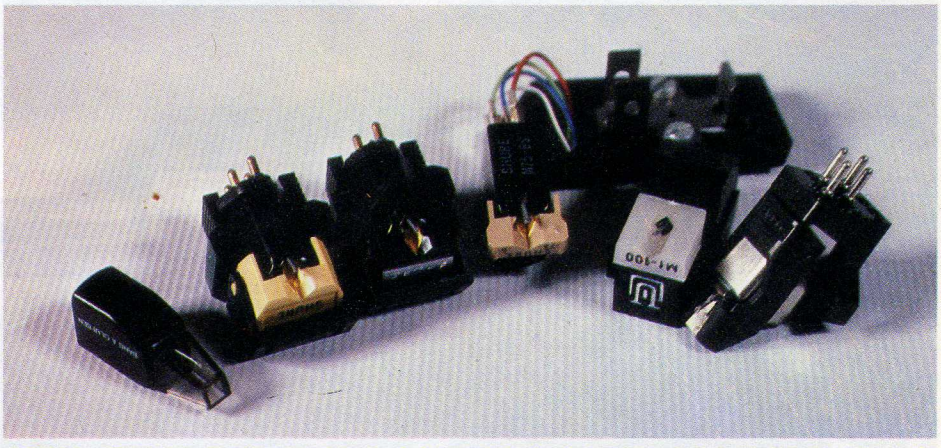
O equipamento denominado toca-discos tem como função a reprodução sonora dos discos, isto é, transformar em sinais elétricos a informação contida nos discos. O toca-discos é constituído por várias partes e a perfeita integração entre elas é que define o conjunto de possibilidades do equipamento.
Essas partes são as seguintes:

- cápsula e agulha de leitura;
- braço de suporte;
- prato giratório;
- motor e elementos de tração;
- sistema de suspensão.

A cápsula

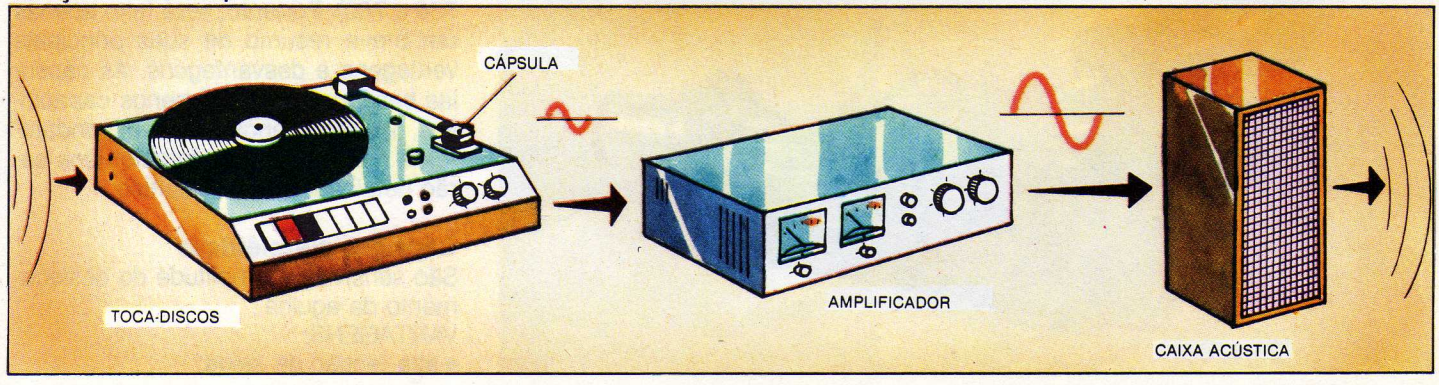
A cápsula ou fonocaptador é um elemento essencial na cadeia de alta-fidelidade. Do seu bom funcionamento depende todo o resto do conjunto. Os defeitos da cápsula não podem ser corrigidos pelos corretores que existem no amplificador e, quando muito, podem ser apenas dissimulados.

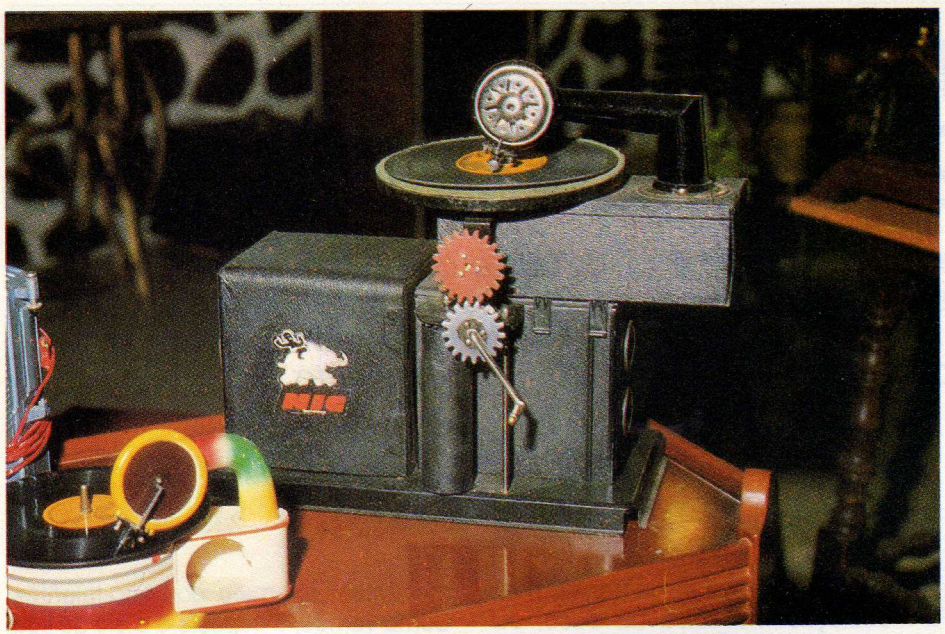
A cápsula encarrega-se de transformar a modulação mecânica do disco, ou seja, as ondulações verticais e horizontais existentes nos sulcos do disco, em sinais elétricos que o amplificador amplificará de forma conveniente. Mais tarde, esses sinais elétricos são novamente transformados em modulação mecânica por meio dos alto-falantes. Como vemos, a cápsula é o elo de ligação entre o sulco do disco e o resto do conjunto. É ela que recolhe a informação proporcionada pelo disco, e, como já foi afirmado, de seu bom funcionamento dependerá a qualidade sonora de todo o sistema.



ACIMA: cápsulas fonocaptadoras. A importância das cápsulas é muito grande e de sua maior ou menor qualidade dependerá todo o sistema de alta-fidelidade.

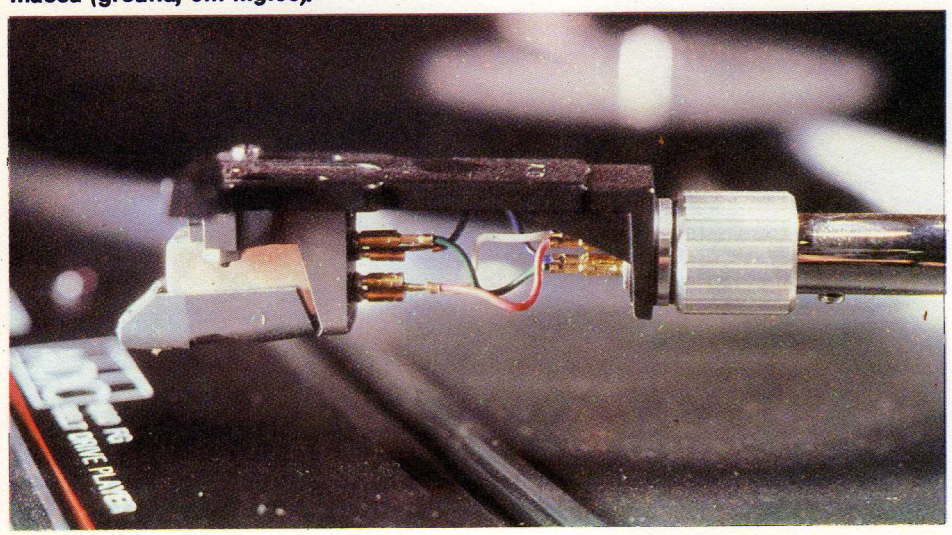
ABAIXO: a cápsula é encarregada de transformar a modulação mecânica do disco, isto é, as ondulações verticais e horizontais contidas nos sulcos, em sinais elétricos que, depois, serão amplificados no amplificador e transformados, novamente, em modulação mecânica por meio dos alto-falantes.

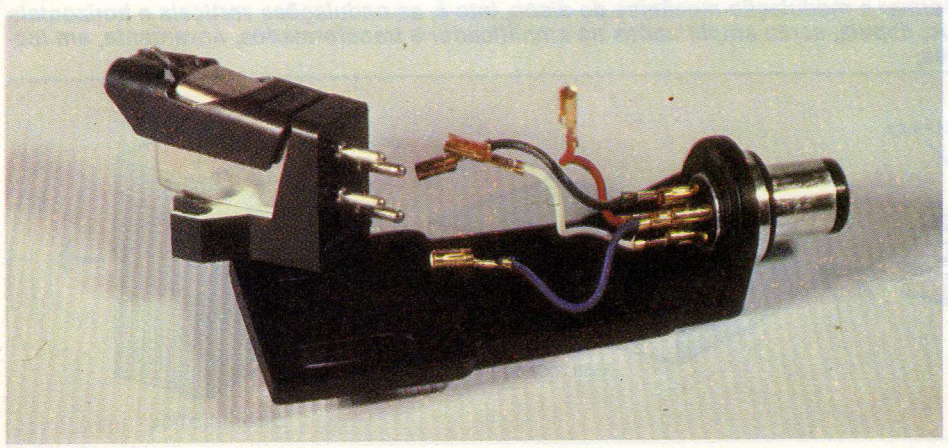




ACIMA: modelo de "cápsula" empregado nos antigos gramofones.

ABAIXO: soquetes de ligação de uma cápsula. É importante não se confundir com as conexões. As do canal direito (right, em inglês) são marcadas com um R e as do canal esquerdo (left, em inglês), com um L. Um soquete de cada canal é ligado à massa (ground, em inglês).





A principal característica que uma cápsula deve ter é transmitir o mais fielmente possível as explorações verticais e horizontais da agulha. Dessa forma, a transformação das ondulações em sinais elétricos é linear e ajusta-se perfeitamente ao que foi gravado nos sulcos do disco. A força de apoio da cápsula deve ser, ao mesmo tempo, suficientemente grande, para que a cápsula consiga acompanhar todos os sulcos, e pequena, para evitar a deterioração dos sulcos e assegurar a sua conservação.

A cápsula deve possuir uma resposta a mais linear possível em relação à freqüência. Sua tensão de saída deve ser adequadamente alta para poder ativar o amplificador ao qual está ligada. Logo, quando a tensão de saída é muito baixa, deve-se colocar um pré-amplificador de baixo ruído que aumente a tensão para níveis mais apropriados ao amplificador.

A impedância de uma cápsula deve ser baixa. O valor para sua resistência de carga, se é uma cápsula magnética, costuma ser de 47 KΩ. Quando a cápsula é estereofônica, deve-se dar separação máxima entre os canais e diafonia mínima. Os dois canais devem ser independentes. A separação dos canais é medida em decibéis (20 dB ou 30 dB). A diafonia é calculada medindo-se a diferença de intensidade entre um canal ativado e outro desativado. A cápsula deverá ser imune a induções parasitas, o que se consegue fazendo com que a cápsula seja blindada.

Tipos de cápsula

As cápsulas são classificadas conforme o seu funcionamento. Podem ser piezelétricas, eletromagnéticas, capacitivas, com semicondutor e fotoelétricas.

As cápsulas baseadas em fenômenos piezelétricos e eletromagnéticos já foram analisadas detalhadamente no capítulo A Cápsula Fonocaptadora (pp. 758 a 760). Portanto, será feito apenas um breve resumo de suas principais vantagens e desvantagens. As cápsulas baseadas nos fenômenos capacitivos, nos fenômenos com semicondutores e nos fenômenos fotoelétricos serão detalhadas neste capítulo.

Cápsulas piezelétricas

São sensíveis à amplitude do deslocamento da agulha.

VANTAGENS:

- alta tensão de saída;

- insensíveis aos campos magnéticos exteriores;
- baixo custo de fabricação.

DESVANTAGENS:
- alto ruído superficial;
- razoável curva de resposta de freqüência.

Cápsulas eletromagnéticas

São sensíveis à velocidade de deslocamento da agulha.

Podem ser de três tipos:
- de relutância variável;
- de magneto induzido;
- de bobina móvel.

Cápsulas de relutância variável

VANTAGENS:
- alta sensibilidade;
- resposta de freqüência bastante plana.

DESVANTAGEM:
- apresenta distorções lineares.

Cápsulas de magneto induzido

VANTAGENS:
- alta sensibilidade;
- resposta de freqüência bastante plana.

Cápsulas de bobina móvel

VANTAGEM:
- excelente resposta em altas freqüências.

DESVANTAGENS:
- nível baixo de tensão de saída;
- muito frágeis e delicadas.

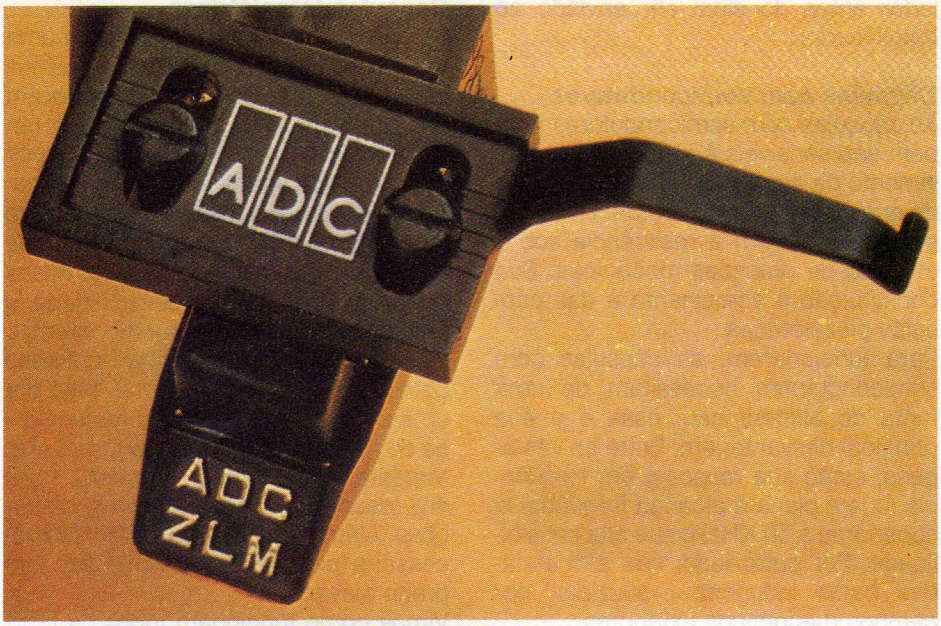
Cápsulas capacitivas

As cápsulas do tipo capacitivo são compostas por uma agulha presa a um diafragma montado à frente de uma placa fixa. O que temos, portanto, é um capacitor. A saída do capacitor é ligada à entrada do amplificador.

Um outro tipo de cápsula capacitiva baseia-se na variação produzida na capacitância do capacitor.

O movimento da agulha é utilizado para modular um oscilador de sinais de radiofreqüência. O sinal, em seguida, é demodulado e, então, o processo normal continua.

Ambos os tipos de cápsulas capacitivas, assim como as piezelétricas, são sensíveis à amplitude de deslocamento da agulha e fornecem um sinal de saída proporcional à amplitude das oscilações do sulco. A grande desvantagem desses tipos de cápsula é que são muito delicados; além disso, essas cápsulas necessitam de um circuito demodu-

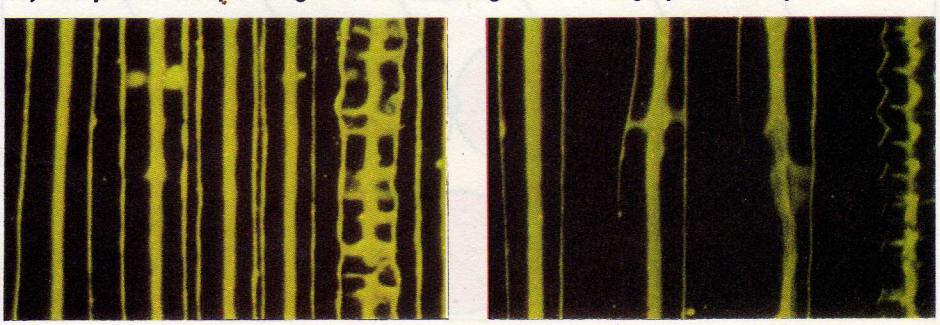


ACIMA: cápsula comercial de magneto induzido.

ABAIXO: cápsula comercial de bobina móvel.



ABAIXO: sulco de um disco. Se ampliarmos, em um microscópio, o sulco de um disco, comprovamos que a agulha realiza um grande esforço para acompanhá-lo.



lador antes do sinal ser enviado ao amplificador.

Cápsulas com semicondutores

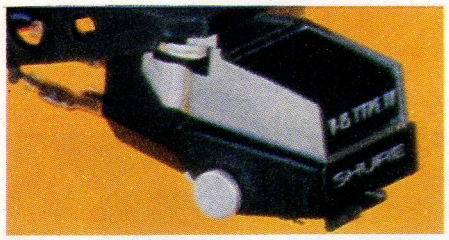
As cápsulas com semicondutores também são sensíveis à amplitude do movimento da agulha. Baseiam-se no fato de que alguns semicondutores (silício e germânio) variam a resistência sob a atuação de pressões mecânicas. Sua constituição é semelhante à das cápsulas piezelétricas.

Para funcionarem, as cápsulas com semicondutores necessitam de uma fonte de alimentação: essa é a sua principal desvantagem. Entre as vantagens, estão sua resposta em freqüência (que é plana e alcança freqüências superiores a 50 KHz) e sua alta sensibilidade. Por outro lado, não são afetadas pelas induções produzidas por campos magnéticos exteriores.

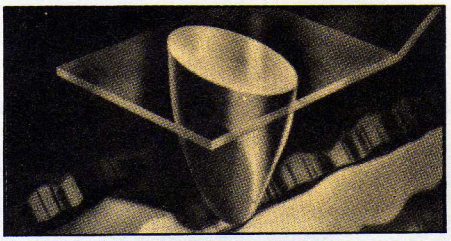
Cápsulas fotoelétricas

As cápsulas fotoelétricas utilizam uma fotocélula que percebe as reflexões produzidas por um foco luminoso em um sulco gravado. A fotocélula é um fototransistor, e recebe a luz através de uma placa ligada à haste da agulha. Ao incidir sobre o fototransistor, o feixe de luz gera um sinal proporcional às ondulações existentes no sulco. Essas cápsulas têm grande sensibilidade e pequena distorção. Possuem, porém, o inconveniente de ter o foco luminoso com curta duração (em geral, feito por uma pequena lâmpada) e a necessidade do fototransistor estar centrado exatamente sobre o eixo do sulco, pois, em caso contrário, ocorrem distorções. Além disso, devido à precisão necessária para a sua construção, têm preço elevado.

Vimos como funcionam todos os tipos de cápsula fonocaptadora e estudamos seus diversos princípios de funcionamento. De novo, ressaltamos a importância desse componente no conjunto de alta-fidelidade e a influência de seu funcionamento no resto do sistema. Por isso, ao adquirir uma cápsula, devemos escolher cuidadosamente.

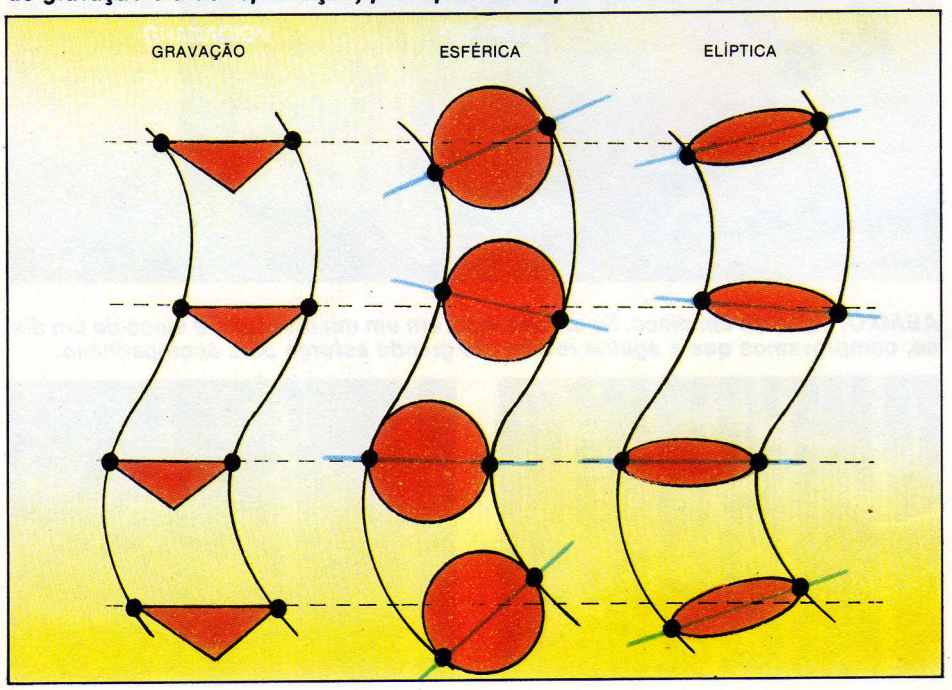


ACIMA: cápsula de ímã móvel, semelhante à de relutância variável.



ACIMA: a qualidade de uma cápsula depende, em grande parte, da agulha que deve se manter em contato com o sulco o mais fielmente possível.

ABAIXO: as distorções de contato aparecem porque existe diferença entre a agulha de gravação e a de reprodução, principalmente quando esta é esférica.



A agulha

A agulha de leitura, como já mencionamos, é um dos elementos mais importantes da cápsula. Por isso, a fabricação das agulhas (e também de todos os elementos de um conjunto de alta-fidelidade) evoluiu consideravelmente nos últimos anos.

A agulha é encarregada de "ler" as sinuosidades contidas no sulco; portanto, deve estar permanentemente em contato com ele. Assim, de suas características e de seu estado de funcionamento dependem tanto a qualidade da cápsula como a vida do disco.

A relação existente entre o material plástico do disco e a agulha de leitura é semelhante a um contínuo atrito entre os dois. Para que o som reproduzido seja de máxima qualidade, o contato entre a agulha e o sulco deve permitir que a agulha perceba todas as ondulações contidas no sulco. Por esse motivo, sempre deve existir uma considerável superfície de contato; logo, tanto a agulha como o sulco estão submetidos a contínuo desgaste. A verificação desse desgaste deve ser feita periodicamente, evitando danos para a agulha ou para os discos.

Os fatores que interferem no desgaste da agulha são:

- o material de que a agulha é feita;
- o estado do disco;
- o material de fabricação dos discos;
- a pressão que a cápsula exerce sobre o disco;
- a forma do braço;
- a massa do braço.

Atualmente, o material empregado para a fabricação das agulhas pode ser o diamante ou a safira. Antes, as agulhas eram fabricadas com aço, como as utilizadas por Edison em seu primitivo fonógrafo, e tinham forma esférica e diâmetro muito superior aos atuais, em função da forma dos sulcos que deviam percorrer. Assim, era feita uma grande pressão sobre o sulco e a vida das agulhas era muito limitada. Essas agulhas de aço serviriam, ainda, para os primeiros discos fabricados com goma-laca. Com o aparecimento dos microssul-

cos, as agulhas, automaticamente, tiveram de se desenvolver. Então, outros materiais passaram a ser empregados, todos eles com grande dureza, como o ósmio, o tungstênio e, por fim, a safira.

A safira é uma variedade de formação do óxido de alumínio. É uma substância de grande dureza, a mais dura depois do diamante, que é uma variedade de formação do carbono. A fabricação da agulha de safira é relativamente fácil, pois o seu corte é simples. Possui pouco peso e tem grande duração, calculada em umas cem horas ou mais, dependendo da qualidade do disco que vai ser reproduzido e, também, da qualidade da safira. Seu principal problema está no fato de que, conforme vai se gastando, produz um pó abrasivo, com a conseqüente possibilidade de prejuízo para os discos. Por esse motivo, o desgaste da agulha de safira deve ser controlado, já que, algumas vezes, é desigual e produz arestas, cujos cantos vivos prejudicam os sulcos.

Por fim, depois de muitas pesquisas, foi encontrado o material ideal para a fabricação das agulhas. Esse material é o diamante. Possui duração de vida superior à de todas as outras agulhas, chegando a durar dez vezes mais que uma agulha de safira. Além disso, não produz pó ao desgastar-se, e o seu desgaste é muito mais homogêneo que o da agulha de safira. Atualmente, as agulhas de boa qualidade são fabricadas sempre com diamante, devido às vantagens desse material sobre os restantes. Suas únicas desvantagens são a complexidade do seu corte e polimento e, em conseqüência, o preço elevado.

Formas e tipos de agulhas

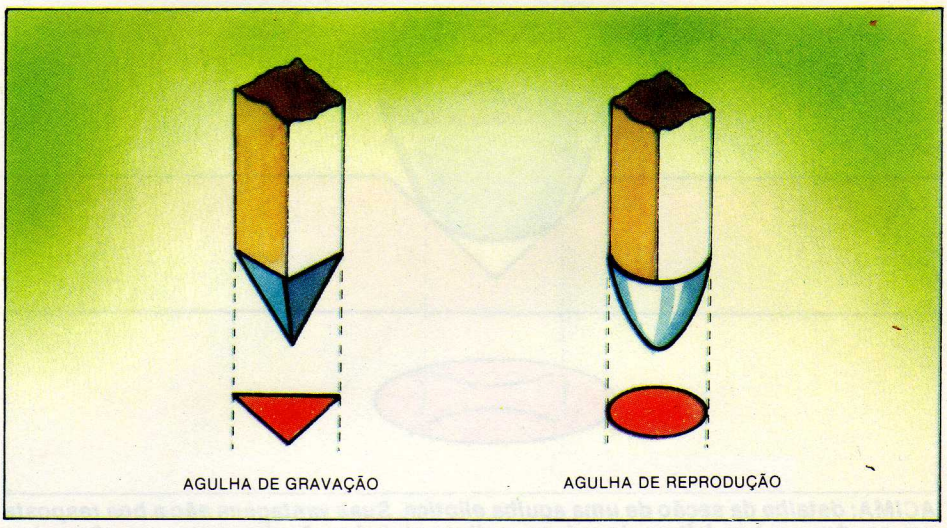
Antes de mais nada, vamos diferenciar a forma de uma agulha de gravação da forma de uma agulha de reprodução. A diferença fundamental é que uma agulha de gravação possui forma angulosa, com um ângulo de corte menor que o da agulha de reprodução.

Deixando de lado a forma, os tipos e as estruturas das agulhas de gravação, vejamos, a seguir, a forma e os tipos das agulhas de reprodução, que são as que realmente nos interessam.

Todas as agulhas de reprodução, por princípio, possuem forma cônica, de maior ou menor tamanho. De alguns anos para cá, essa forma se modificou e, hoje, podemos encontrar modelos que proporcionam maior qualidade de audição. A forma da agulha é de vital importância. Ela deve ser fabricada de maneira que a ponta deslize no sulco do disco o mais suavemente possível. Quanto ao tamanho, a agulha não deve ser muito pequena, nem muito grande. Quando a agulha é pequena demais, ela pode tocar o fundo do sulco, aparecendo efeitos de distorção. Mesmo que isso não aconteça, como há pouco contato da agulha com as paredes do sulco, são provocados ruídos e distorções indesejáveis, ainda que nos agudos a distorção seja muito pequena. Uma agulha muito grande provoca um desgaste acima do normal no sulco do disco e a qualidade de reprodução piora gradativamente. Os raios das pontas das agulhas são padronizados e dependem do sulco que vai ser reproduzido. As agulhas cônicas se utilizam dos seguintes raios: se o disco é antigo, com sulco mais largo, tanto em 33 1/3 rpm como em 78 rpm, o raio deve ser de 63 μ. Para os microssulcos atuais, se o disco é monofônico, o raio deve ser de 25 μ e, se o disco é estereofônico, de 12 μ.

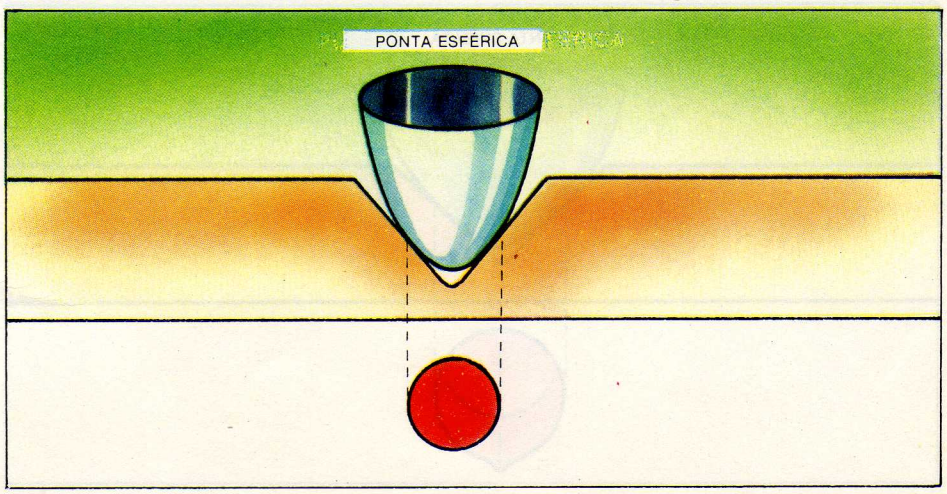
Atualmente, quanto à forma, são fabricados dois tipos fundamentais de agulhas: as esféricas e as elípticas. Além dessas formas, existem muitas outras, que apareceram com a evolução da técnica: a agulha Shibata (capaz de reproduzir sons quadrifônicos) e as derivadas das agulhas elípticas, como a hiperelíptica, entre outras (com melhor adaptação entre a ponta e o sulco).

A agulha esférica é, basicamente, constituída por um corpo cilíndrico que termina em uma ponta esférica, com um ângulo de quase 45°. Os principais inconvenientes das agulhas de ponta

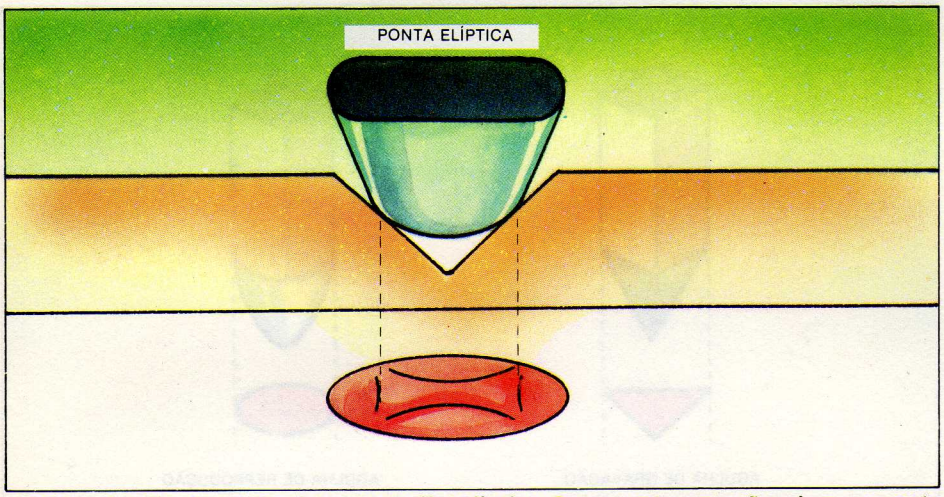


ACIMA: diferença de forma entre uma agulha de gravação e uma agulha de reprodução; a seção de ambas é nitidamente diferente.

ABAIXO: detalhe da seção de uma agulha esférica. Suas vantagens são a robustez e o preço moderado. A desvantagem é a distorção de contato elevada.



esférica são as distorções de contato e os defeitos da ponta.
A agulha de gravação possui arestas com cantos vivos, e sua seção longitudinal em corte é fundamentalmente diferente da seção esférica de uma agulha de reprodução. Na agulha de gravação, a seção é triangular e na agulha esférica, é um círculo.
Quando a agulha grava um sulco, a seção desse sulco será a mesma da ponta da agulha de gravação, se não houver modulação. Quando existe modulação, a seção do sulco será menor que a ponta da agulha de gravação.
Por esse motivo, na hora de se reproduzir um sulco gravado, usando uma ponta esférica, essa ponta também se moverá para cima e para baixo, dependendo da seção do sulco. Esse defeito recebe o nome de defeito de ponta. Ele é insignificante nas cápsulas monofônicas: a única coisa que pode acontecer é uma força de apoio maior, já que a modulação mecânica é horizontal nesse tipo de cápsulas. No caso das cápsulas estereofônicas, o defeito será notado, pois, aqui, a modulação mecânica existe tanto na horizontal como na vertical. A solução adotada é fazer com que as seções das pontas das agulhas de gravação e de reprodução sejam o mais parecidas possível.
A distorção de contato é produzida (com as pontas esféricas) quando, ao deslocar-se através do sulco, as superfícies de contato variam, o que não ocorre com a ponta da agulha de gravação. Como podem ser produzidas grandes distorções (em determinadas ocasiões, os erros de contato podem ser iguais ou superiores a 20%), foi necessário criar agulhas cuja seção é indiferente à seção da agulha esférica. Adotou-se, então, o formato elíptico.
Um terceiro defeito que ocorre com as agulhas esféricas é que a exploração feita por elas, quando têm raios de 15 μ ou mais, é inexata e não segue fielmente a curvatura do sulco. Quando o raio é reduzido para 10 μ ou menos, o problema diminui, porém há o perigo de que a agulha raspe o fundo do sulco, produzindo distorções e ruídos indesejáveis na reprodução.
Com a agulha de ponta elíptica, esses problemas são bastante reduzidos, já que a sua seção é mais próxima da seção da agulha gravadora. Assim, a agulha elíptica pode explorar o sulco de forma mais exata do que a agulha esférica.
Recentemente, surgiram agulhas com pontas mais sofisticadas. A agulha denominada hiperelíptica, por exemplo, tem a vantagem de apresentar uma ponta mais fina e mais comprida que as pontas elípticas.
Dessa maneira, a agulha hiperelíptica é quase sempre a mais adequada para a reprodução de discos estereofônicos.
Se comparamos as agulhas elípticas com as hiperelípticas, observamos que, nesse modelo, diminuem muito as distorções de contato e os defeitos de ponta.
Com o aparecimento dos discos quadrifônicos, tornou-se necessário dispor de agulhas que fossem capazes de reproduzir fielmente a gravação existente no sulco desses discos.
Uma dessas agulhas é a denominada Shibata, que leva o nome de seu inventor. Como sabemos, a pressão diminui quando aumenta a área de contato. Esse é, precisamente, o fundamento da agulha Shibata, que melhora as superfícies de contato e, assim, reduz as pressões ou forças de apoio. Desse modo, consegue-se um aumento de duração tanto da agulha como do disco.
Essa agulha é capaz de ler freqüências com mais de 50 KHz (o que é totalmente impossível para as agulhas esféricas e muito difícil para as agulhas elípticas); por isso, pode reproduzir discos gravados em sistemas quadrifônicos. A agulha Shibata foi um grande progresso, porém apresenta alguns defeitos de contato, semelhantes aos das agulhas esféricas, e riscos de tocar o fundo do sulco.
Por esse motivo, as pesquisas não param e sempre surgem novos modelos de agulha que tentam resolver esses problemas.



ACIMA: detalhe da seção de uma agulha elíptica. Suas vantagens são a boa resposta em agudos e a boa leitura de sulcos muito ondulados. As desvantagens são o desgaste rápido e o corte trabalhoso.

ABAIXO: detalhe da seção de uma agulha de ponta fina (fine line, em inglês), semelhante à Shibata, para reprodução de discos quadrifônicos.

