



Para que serve o Alto-Falante?

O que é som, intensidade, tom, timbre?

Estas e outras respostas você encontra neste trabalho sobre alto-falantes.

1. PARA QUE SERVE O ALTO-FALANTE?

A primeira pergunta que surge quando iniciamos um estudo sobre alto-falantes é:

Para que serve o falante?

O alto-falante serve para transmitir uma mensagem, seja ela um discurso, uma música, um alarme, etc. Quando alguém quer falar ou tocar um instrumento musical para um grupo grande de pessoas, precisa amplificar o som original. Quando queremos ouvir um disco ou uma fita, precisamos transformar o sinal codificado em som. Para isso, fazemos uso de amplificadores que amplificarão o sinal elétrico gerado pela voz, instrumento musical ou disco, e de alto-falantes que transformarão o sinal elétrico em som.

Portanto, o falante serve para transformar um sinal elétrico em pressão sonora. Ele é chamado de **Transdutor ou Conversor**. Um Transdutor é um dispositivo que converte um tipo de energia em outro. O falante converte energia elétrica em energia mecânica, que depois é convertida em energia sonora. É claro que todas essas conversões têm um preço: a energia vai sendo gasta pelo caminho e no máximo 5% da energia elétrica aplicada é convertida em som.

Logo:

FUNÇÃO DO FALANTE: TRANSMITIR UMA MENSAGEM,
TRANSFORMANDO UM SINAL ELÉTRICO EM SOM.

Veremos ao longo do curso que não existem falantes bons ou ruins, e sim falantes apropriados para a aplicação que você escolheu. É preciso saber que o alto-falante é um **componente**, ou seja, ele faz parte de um sistema, nunca funcionará sozinho. Se o sistema de som precisa de graves, farei um alto-falante que "responda" bem em graves, e assim por diante. Para cada aplicação teremos um tipo de falante. Seu projeto e fabricação devem atender as especificações de cada aplicação.

No caso da Selenium, temos as seguintes aplicações:

1) PA (Public Address):

São alto-falantes apropriados para sonorizar shows e eventos. Os trios elétricos, empresas de som profissional que alugam sistemas de som para os shows, etc, utilizam estes falantes. São falantes que suportam grande potência e possuem alta sensibilidade (grande volume de som).

2) AMBIENTAL:

São alto-falantes de alta fidelidade, utilizados em sistemas de som residencial ou de sonorização de pequenos ambientes.

3) AUTOMOTIVA:

São falantes para os automóveis. Podem ser vendidos no comércio, ou diretamente para a indústria (OEM).

Para cada aplicação, teremos um tipo de falante. No caso de falante para sonorização de grandes eventos, por exemplo, ele deve ter alta sensibilidade. Na linha automotiva, teremos alto-falantes que funcionam condições adversas como: alta temperatura, ruídos externos, etc. Tudo isso deve ser pensado na hora do projeto do falante.

Aprenderemos neste curso um pouco sobre o que é o **som** (que é na verdade nosso produto final) e como podemos reproduzi-lo através do alto-falante. Veremos como funciona o alto-falante, ou seja, como a energia elétrica é transformada em energia sonora. Falaremos também sobre as principais **especificações técnicas** do alto-falante (impedância nominal, sensibilidade, resposta em frequência e potência) e suas relações com o amplificador e o tipo de som que o cliente deseja.

2. O SOM:

Iniciaremos o estudo do falante falando sobre o som. Este, na verdade, é o nosso produto final. Quando um cliente chega no balcão da loja pedindo um alto-falante, ele possui um tipo de som na cabeça e quer que nós transformemos esta idéia em realidade através de um falante apropriado. Por isso devemos saber o que é o som, quais suas características e propriedades.

2.1. O QUE É O SOM?

Quando uma corda de guitarra vibra, ela desloca o ar que está ao seu redor, produzindo uma onda sonora que se propaga pelo ambiente até atingir os nossos ouvidos. Quando essa onda chega ao nosso tímpano, ele também vai vibrar. Essa vibração é transformada pelo ouvido em sinais elétricos que são conduzidos até o cérebro pelos nervos auditivos. No cérebro, finalmente, temos a sensação de **som**, ou seja, de ouvir a nota musical emitida pela corda da guitarra.

Logo, o som é produzido por alguma coisa que vibra (o cone do falante, por exemplo) e é transportado pelo ar (ou pela água ou qualquer meio material elástico).

2.2. O QUE É INTENSIDADE?

Intensidade é o "volume" que o som atinge.

Para medirmos a intensidade ou o nível de pressão sonora (SPL), utilizamos a escala de **decibéis (dB)**.

A tabela a seguir mostra a intensidade do som em dB de algumas fontes sonoras:

SPL (dB)	FONTE SONORA
175	Carro demonstração Selenium (Besta)
130	Turbina de avião a jato
110	Show de Grupo Pop
80 - 90	Caminhão (64km/h) a 15m
70 - 80	Som de TV
60 - 70	Ar condicionado a 6m
50 - 60	Tráfego livre a 30m
40 - 50	Residência silenciosa de dia
20 - 30	Área deserta

Portanto, quanto maior a intensidade, maior o volume do som.

2.3. O QUE É TOM?

Quando falamos em **tom** sempre pensamos em música. O contrabaixo possui tons graves, enquanto um violino possui tons agudos. Na verdade, cada nota musical possui uma **freqüência fundamental** que irá definir o tom. Esta freqüência será a freqüência da onda sonora (ou do som). Quando a freqüência é baixa, teremos tons graves; quando a freqüência é alta, teremos tons agudos.

Por exemplo:

Um contrabaixo emite uma onda sonora fundamental de 41Hz. Esta é uma freqüência baixa, ou seja, um tom grave.

Podemos delimitar quando um tom é grave ou médio ou agudo:

TONS GRAVES: FREQÜÊNCIA ENTRE 20 A 500 Hz

TONS MÉDIOS: 500 A 2000 Hz

TONS AGUDOS: 2000 A 20000 Hz

2.4. O QUE É TIMBRE?

Quando vibramos um diapasão, emitimos uma nota musical pura, ou seja, o som puro com apenas uma freqüência fundamental. Porém, os instrumentos musicais (por exemplo, a corda de uma guitarra ou de um violino) emitem ondas sonoras com a freqüência fundamental e com múltiplos desta freqüência, que são chamados de **harmônicos**.

Por exemplo:

Podemos emitir uma nota "lá" com freqüência de 440Hz e ter um segundo harmônico de 880Hz (2 x 440) ou um terceiro de 1320Hz (3 x 440).

A intensidade do som dos harmônicos é diferente. Cada instrumento emite estes harmônicos de uma forma. Essa propriedade é chamada de **timbre**. Ou seja, o timbre é a propriedade que nos permite distinguir se um determinado som de mesma freqüência é produzido por um piano ou por um saxofone. Cada instrumento possui um timbre. É ele que dá o "colorido" na música.

2.5. O OUVIDO HUMANO:

O ouvido humano é o receptor final da mensagem enviada através do som. Portanto, devemos saber como ele se comporta diante das ondas sonoras.

a) Quanto à frequência:

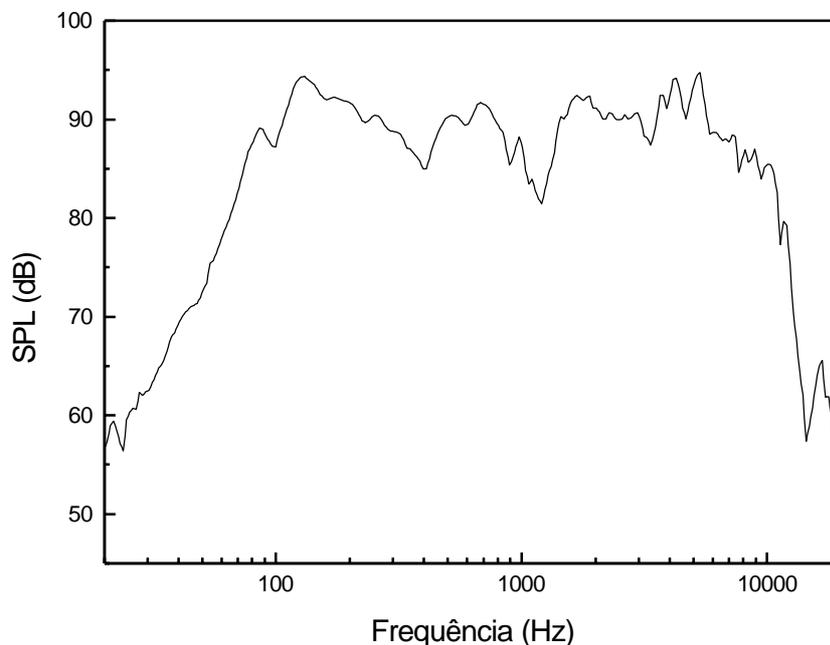
Conseguimos ouvir na faixa de 20 a 20000Hz. Porém, nosso ouvido não é linear, ou seja, não ouvimos do mesmo jeito em toda esta faixa de frequências. Na verdade, ouvimos melhor na faixa de frequências médias (que é a faixa da fala humana), ou seja, de aproximadamente 200 a 3000Hz (em 70dB).

b) Quanto à intensidade:

O chamado limiar da audição é 0dB, ou seja, abaixo disso não conseguimos ouvir. O limiar doloroso é de 140dB, ou seja, a partir daí nosso ouvido não pode suportar o som (danos à audição).

2.6. CURVA DE RESPOSTA DO ALTO-FALANTE:

Podemos analisar o "som que sai do alto-falante" através de sua curva de resposta (SPL - Sound Pressure Level). Esta curva mostra a intensidade sonora do som (em sua harmônica fundamental, ou seja, sem distorções) em função da frequência. A figura abaixo mostra a curva SPL de um alto-falante de 6":



Pelo gráfico, notamos que o falante responde bem a partir de 100Hz (tom grave), até 6kHz (tom agudo). Podemos utilizá-lo para reproduzir tons médios, já que sua resposta

é bem plana nesta região. Veremos a partir de agora quais os componentes e como funciona o falante para produzir este som.

3. ALTO-FALANTES:

3.1. COMPONENTES E FUNCIONAMENTO DO FALANTE:

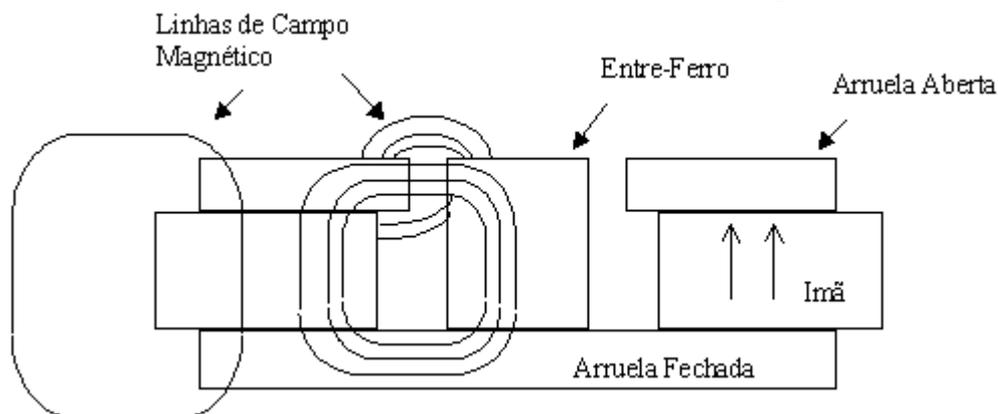
Para entender o funcionamento do alto-falante, estudaremos cada parte do mesmo. O objetivo do alto-falante é transformar um sinal elétrico (aplicado no terminal) em som (ondas sonoras). Veremos agora como é feita esta transformação analisando a função de cada componente.

A) Conjunto Magnético:

O conjunto magnético é formado por:

- Placas Polares: arruela aberta e arruela fechada
- Entre-ferro
- Ímã.
- Peça Polar (entre-ferro+ arruela fechada)

As arruelas fechada e aberta, o entre-ferro, assim como a peça polar são de ferro doce. O ímã geralmente é de ferrite de bário, um material que depois de magnetizado forma um **campo magnético** em volta de si mesmo. É este campo que atrai metais ferrosos para junto do ímã. Todas as partes são coladas conforme a figura abaixo:



O **gap** é a região entre a arruela aberta e o entre-ferro. Quando o conjunto é magnetizado, forma-se um **campo magnético** constante no gap. Sua direção é paralela à arruela. Este campo é que dará força ao alto-falante.

A geometria do conjunto magnético foi escolhida de forma a formar uma região (onde será colocada a bobina) com campo magnético constante e intenso (gap).

Concluindo:

FUNÇÃO DO CONJUNTO MAGNÉTICO: FORMAR UM CAMPO MAGNÉTICO NA REGIÃO DO GAP.

B) Conjunto Carcaça:

É formado pela carcaça, pela guarnição e pelos terminais.

A função da carcaça é sustentar o conj. móvel e o conj. magnético sem interferir na produção do som. Deve ser feito de material rígido (aço, alumínio ou plásticos) e deve sofrer tratamentos anti-corrosivos para suportar várias condições ambientais.

Os terminais são os contatos por onde são ligados os fios dos aparelhos eletrônicos.

C) Conjunto Móvel:

O conjunto móvel é formado por:

- Bobina
- Cone
- Cordoalhas
- Suspensão (ou borda)
- Aranha (ou centragem)
- Calota (ou protetor de pó)

A primeira conversão de energia (elétrica em mecânica) ocorre quando colocamos a bobina móvel no gap e aplicamos uma tensão elétrica alternada nos terminais.

Quando a corrente elétrica alternada passa pelo fio da bobina que está imersa no campo magnético, surge uma força eletromagnética. Esta força é perpendicular ao campo e ao fio da bobina e, portanto, movimentará a bobina para cima ou para baixo. Ela depende do valor do campo no gap e do comprimento do fio dentro dele.

A bobina irá para cima ou para baixo com a mesma frequência da corrente alternada aplicada. Por exemplo: se a corrente é de 1000Hz, a bobina irá para cima e para baixo 1000 vezes por segundo.

A bobina é colada ao cone, portanto ele se movimentará junto com a bobina (na mesma frequência da corrente aplicada). Porém, se não existisse a suspensão e a aranha (que estão coladas no cone e na carcaça) quando aplicássemos uma grande tensão elétrica nos terminais, a bobina iria para cima e sairia do conjunto magnético. Mas com a aranha e a suspensão, o cone volta para baixo. Elas funcionam como a "mola" do alto-falante. Além disso, centralizam a bobina dentro do gap.

O cone seguirá o movimento da bobina (para cima e para baixo) com a mesma frequência da corrente alternada aplicada. Quando o cone se desloca, ou seja, vibra para frente e para trás, ele movimenta o ar que está na sua frente criando uma região de compressão (quando ele vai para frente) e de rarefação (quando vai para trás).

Deste movimento, forma-se uma onda sonora (o som) que chega aos nossos ouvidos. A frequência da onda sonora será a mesma da corrente alternada que movimenta o cone.

A calota protege a bobina e a região do gap. Junto com o cone, movimenta o ar na sua frente, portanto ela também influenciará a resposta do falante.

Resumindo, temos:

BOBINA: É ONDE APLICAMOS A TENSÃO ELÉTRICA. JUNTO COM O CAMPO MAGNÉTICO NO GAP, GERA A FORÇA QUE MOVIMENTA O CONJUNTO MÓVEL.

ARANHA E SUSPENSÃO: SÃO AS MOLAS DO ALTO-FALANTE. CENTRALIZAM A BOBINA NO GAP.

CONE: MOVIMENTA O AR FORMANDO AS ONDAS SONORAS

CALOTA: PROTEGE O GAP E A BOBINA. PRODUZ SOM JUNTO COM O CONE.

4. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS:

Veremos neste tópico quais são as principais especificações técnicas do falante: impedância nominal, resposta de frequência, sensibilidade e potência. Estas são as especificações que permitem ao cliente escolher qual o falante ideal para as suas necessidades. Devemos, porém, ter uma visão ampliada disso: quais são as especificações técnicas que o cliente (que possui um determinado amplificador e quer um determinado tipo de som) precisa? Para tanto, daremos um enfoque nas especificações do falante baseado no amplificador e no tipo de som desejado.

4.1 IMPEDÂNCIA NOMINAL:

O que é impedância? Como o nome mesmo diz, a impedância impede alguma coisa. A resistência elétrica é um tipo de impedância, ela dificulta a passagem da corrente elétrica. No caso do alto-falante, existe a resistência elétrica da bobina, mas também existem outros tipos de impedâncias: para o cone se deslocar existem a compliância da aranha e da suspensão (impedância mecânica) e do ar (impedância acústica) ao movimento. A impedância total, soma de todas estas impedâncias, varia quando variamos a frequência no falante.

Quando variamos a frequência, a impedância total do falante, vista nos terminais da bobina cresce, passa por um pico e depois cai até um valor mínimo. Daí em diante ela vai crescendo novamente bem devagar. Este valor mínimo, depois do pico, será a impedância nominal do falante.

Para os alto-falantes do comércio o valor da impedância está normalizado em 2, 4, 6, 8, 16 Ohms, etc. Quando medimos a impedância nominal, variando a frequência, devemos arredondar o valor obtido. Por exemplo: 5,75 Ohms dará uma impedância de 6 Ohms. Estes valores são tabelados (ou normatizados) por causa dos aparelhos eletrônicos

(amplificadores) onde serão ligados os falantes. Deve haver uma compatibilidade entre a impedância nominal do falante e a impedância mínima na saída do amplificador.

4.2. SENSIBILIDADE:

A Sensibilidade é uma média do volume do som que o alto-falante reproduz dentro da sua resposta em frequência. Ela é medida a 1 metro de distância do falante que está recebendo 1 Watt de potência. A sensibilidade é medida em dB @ W @ m.

Quanto maior a força do falante (que depende do campo magnético no gap e da bobina), maior a sensibilidade.

A sensibilidade indica o volume do som do falante. Se um falante possui uma sensibilidade maior que o outro, com uma tensão menor conseguiremos o mesmo volume de som e, por consequência, podemos utilizar um amplificador de menor potência. Portanto, desejamos sempre aumentar a sensibilidade do falante.

4.3. RESPOSTA DE FREQUÊNCIA:

A Resposta de frequência é a faixa de frequência onde o alto-falante melhor reproduz o som. Para se determinar a Resposta de Frequência teremos que:

1. Na curva de resposta do alto-falante determinar a sensibilidade.
2. Subtrair 10 dB do valor da sensibilidade.
3. Determinar as frequências inicial e final na curva de resposta onde o SPL tem o valor achado acima (sensibilidade a – 10dB).
4. A Resposta de frequência irá da frequência mais baixa até a mais alta, encontradas acima.

Cada tipo de alto-falante exibe uma determinada resposta de frequência:

- Subwoofers: 20 a 100Hz (baixa frequência)
- Woofers 50 a 3500Hz (baixas e médias frequências)
- Mid-Bass: 100 a 500Hz (média-baixas frequências)
- Mid-Range: 500 a 5kHz (médias frequências)
- Tweeters: 2k a 20kHz (altas frequências)

Se quisermos um falante para voz, devemos escolher um com resposta de frequência de 500 a 2000 Hz (tons médios), por exemplo.

4.4. POTÊNCIA:

A Potência do alto-falante indica o maior valor que o produto corrente elétrica alternada vezes a tensão elétrica alternada pode atingir antes da bobina queimar.

Em nossos catálogos existem dois tipos de potência indicados: Potência NBR 10303, e Potência Musical.

Potência RMS: potência elétrica máxima que o alto-falante agüenta (ante da bobina queimar) quando aplicamos um Ruído Rosa. O teste que determina a potência RMS é normatizado pela ABNT (norma NBR 10303) e todos os fabricantes nacionais têm que seguir a norma. Ruído Rosa é um sinal com todas as frequências misturadas, porém com o mesmo valor de energia por oitava. No teste o ruído rosa passa por um filtro que é determinado pela norma da ABNT.

Potência Musical: é a potência máxima que o alto-falante deve suportar com programa musical, admitindo uma distorção máxima de 5% no amplificador, por tempo indeterminado. No caso da Selenium, é a potência do nosso chamado teste de vida. Neste teste, é utilizado um programa musical (rádio ou CD) com em torno de 2 vezes a potência RMS aplicada no falante durante 100 horas ininterruptas. Após as 100h, o falante deve estar em perfeito estado elétrico e mecânico.

Existe no mercado uma certa confusão a respeito da potência do falante. Precisamos saber distinguir entre potência elétrica e potência sonora. Potência elétrica é esta que vimos acima, ou seja, é a potência que o falante pode suportar sem se queimar. Já potência sonora é a potência que o falante consegue emitir em forma de som. Esta potência está relacionada com a eficiência do falante e depende de uma série de fatores. Um alto-falante com grande eficiência terá alta sensibilidade e potência sonora, mas não precisa necessariamente ter uma grande potência elétrica. Podemos ter dois falantes: um com potência RMS de 300W e sensibilidade de 89dB e outro com potência elétrica RMS de 200W e sensibilidade de 92dB. Se aplicarmos 200W no segundo, devemos aplicar 400W no primeiro (que se queimará!) para que os dois tenham mesma potência sonora.

$$3\text{dB} = 2 \times \text{Potência RMS} = 2 \text{ alto-falantes}$$

Por isso, a relação entre a potência elétrica do amplificador e a sensibilidade do alto-falante é de suma importância. Na verdade, no sistema amplificador + caixa + falante estamos interessados é no som que este sistema pode produzir. Devemos ter uma noção clara de qual o uso que o cliente vai fazer deste sistema.

É preciso ficar bem clara a relação entre potência do amplificador e potência e sensibilidade do sistema falante + caixa. Na verdade não é o cliente que deve

determinar qual a potência e sensibilidade do falante, e sim o seu amplificador e o som que ele deseja "vender".

5. TIPOS DE MATERIAIS UTILIZADOS NOS ALTO-FALANTES:

Como já citamos, para escolher um alto-falante é necessário primeiramente saber em qual aplicação ele será utilizado. Isso também vale para que tipo de material devemos ter nos componentes. O que é melhor para baixas frequências: suspensão de celulose ou borracha?

Veremos agora quais são os tipos de materiais mais utilizados nos componentes do falante e quais os indicados para as diversas aplicações.

5.1 Materiais da Suspensão:

Os materiais da suspensão (ou borda) mais utilizados são:

- Celulose: indicado para falantes de médias frequências. Como é um material mais rígido, a excursão do cone é menor e, portanto não permite uma boa reprodução de grave. Também não é indicado para falantes de alta potência, pois não é um material muito resistente.
- Tecido: indicado para falantes de médias e baixas frequências. É um material menos rígido que a celulose e de maior durabilidade. Indicado para falantes de alta potência.
- Borracha e espuma: Materiais mais flexíveis, indicados para falantes com alta excursão de bobina móvel. Ideal para baixas frequências (subwoofers). Geralmente a borracha possui maior estabilidade mecânica.

5.2 Materiais do Cone:

Os materiais do cone mais utilizados são:

- Papel: material mais utilizado em alto-falantes profissionais. Possui alto amortecimento interno que diminui os vales e picos da curva de resposta do alto-falante. Pouco resistente às intempéries.
- Polipropileno (PP): material plástico mais utilizado no som automotivo. Possui alta resistência a intempéries e visual mais atrativo. Porém, se for mal projetado, pode ter uma curva de resposta de qualidade inferior.
- Kevlar® e outros materiais: geralmente estes materiais sofisticados são utilizados para dar maior durabilidade ao cone, porém com uma curva de resposta mais adequada.

5.3 Materiais do Diafragma:

Os materiais do diafragma mais utilizados são:

- Fenólico: é um tecido com resina fenólica. Mais utilizado para drivers de média frequência e baixo custo.
- Titânio: material metálico. Mais leve, permite aumentar a sensibilidade do driver, além de estender a resposta em altas frequências. Porém, possui timbre diferente do diafragma fenólico.
- Alumínio, Berílio, ligas: materiais metálicos que possuem características parecidas com o titânio.

5.4 Materiais da carcaça:

Os materiais da carcaça mais utilizados são:

- Chapa metálica: material resistente e barato. Utilizado na maioria dos falantes.
- Alumínio: material com maior resistência mecânica que a chapa, porém bem mais caro. Utilizado em falantes profissionais de maior potência.
- Plástico: material com menor resistência mecânica, porém mais leve e mais barato. Material mais utilizado em som automotivo.

5.5 Materiais da bobina:

Os materiais do corpo da bobina mais utilizados são:

- Papel: sem resistência a temperatura. Utilizado em falantes de baixa potência. A grande vantagem é o custo.
- Alumínio: tem boa dissipação de calor, mas pode dilatar com a temperatura, deformando a bobina. Material barato, mas indicado para falantes de baixa potência.
- Kapton[®] (filme de poliimida): excelente estabilidade térmica. Ideal para falantes de alta potência, porém é uma material mais caro.
- Nomex[®], fibra de vidro, etc: são da mesma linha do Kapton[®]. São materiais mais resistentes, porém de alto custo.

Os materiais do enrolamento da bobina mais utilizados são:

- Cobre: é o mais utilizado. Material de menor resistência elétrica e mais barato.
- Alumínio: material mais leve que o cobre, permitindo aumentar a sensibilidade do alto-falante e sua resposta em alta frequência. Porém, é um material muito difícil de soldar e de maior resistência elétrica.
- Alumínio coberto de cobre: a cobertura de cobre facilita a soldagem. É mais utilizado que o alumínio puro.

5.6 Materiais do Imã:

Os materiais do imã mais utilizados são:

- Ferrite de Bário: é o material mais utilizado. É mais barato, porém sua *remanência* (quanto maior a remanência maior será o campo magnético proporcionado pelo imã) é baixa.

- Neodímio-Ferro-Boro: possui uma remanência 3 vezes maior que o ferrite. Isso faz com que para se obter um determinado campo no gap, o volume do imã de neodímio pode ser bem menor que o de ferrite. Por isso os alto-falantes que utilizam este imã possuem um circuito magnético bem menor: o imã geralmente é uma pastilha, colocada na posição do entre-ferro. Porém, o seu custo é muito elevado e ele perde rapidamente a magnetização quando submetido à alta temperatura.
- Samário-Cobalto e Alnico: são imãs de terras raras como o Neodímio e possuem características similares.