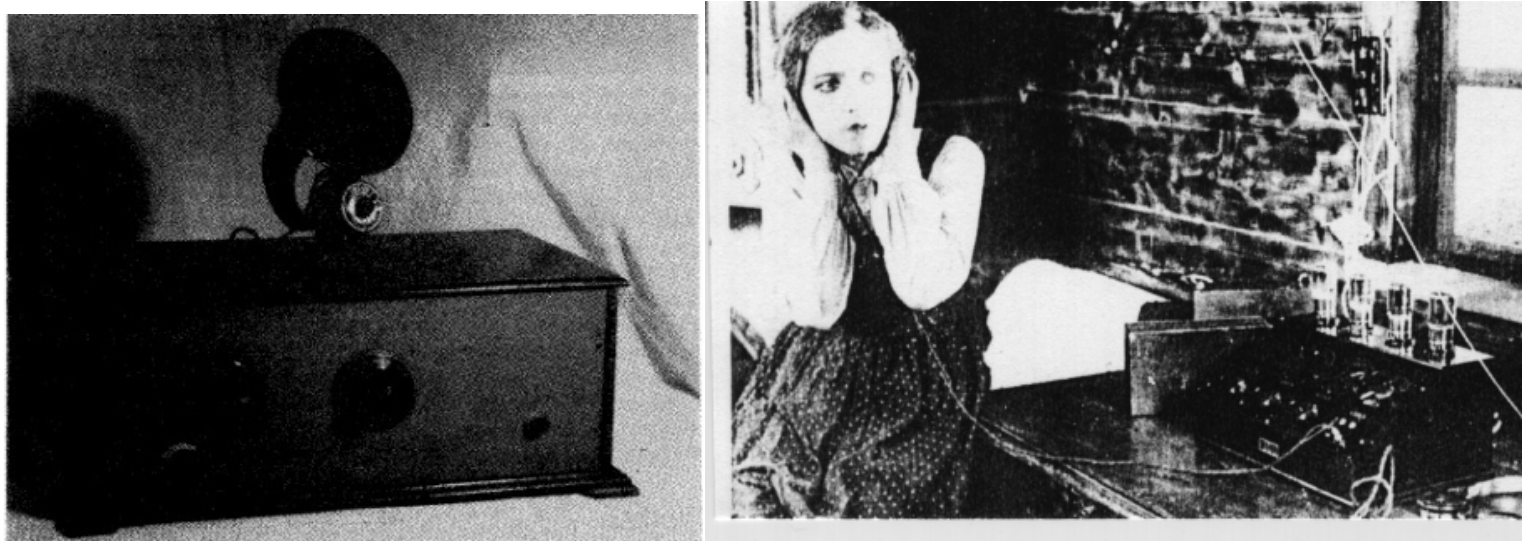


*Curiosidade: Muitos dos primeiros receptores AM com alimentação AC (para as válvulas) funcionavam com o chassi ligado ao neutro da rede (como terra), freqüentemente, ao se inverter a posição da tomada, o chassi metálico passava a estar conectado à fase (chassis vivo). Tais modelos de rádios eram popularmente referenciados pelos técnicos, por razões óbvias, como **Rabo quente**.*



**Figura - Radio em 1920.**



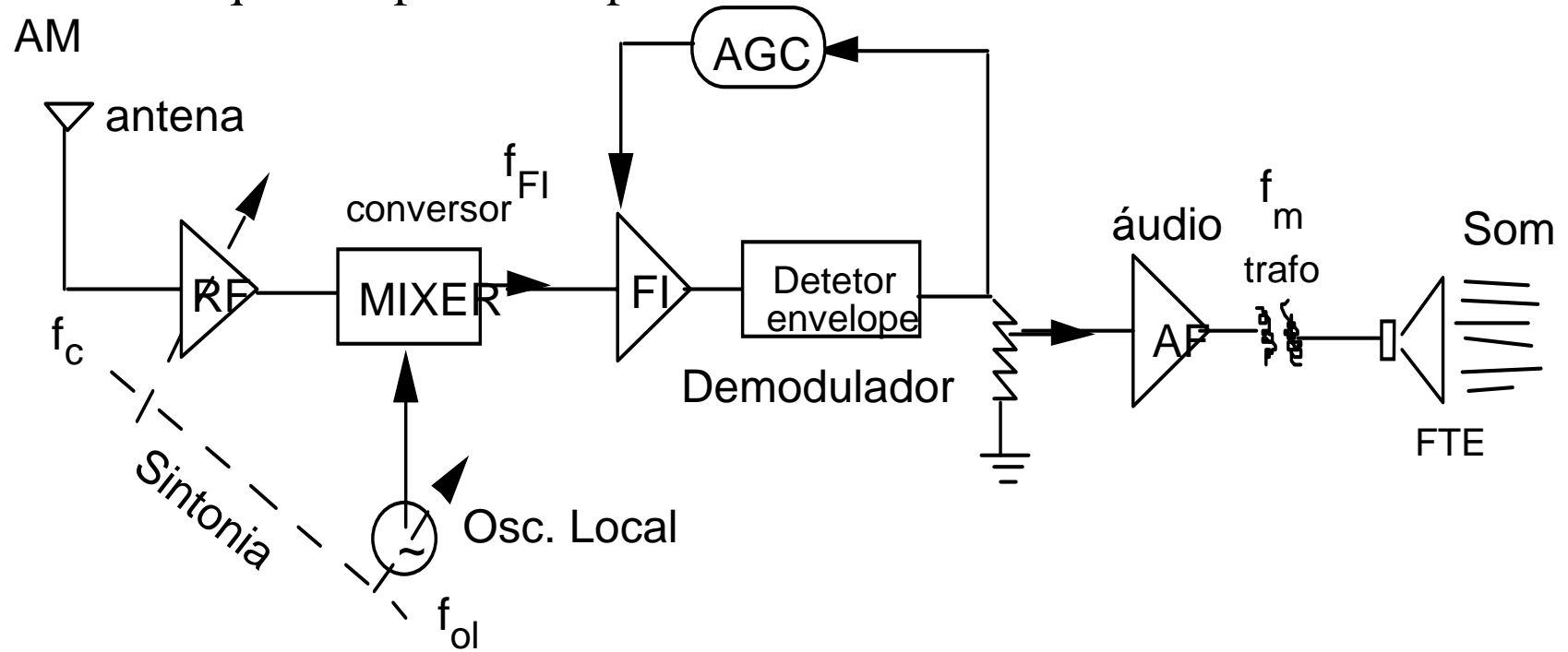
A idéia do receptor superhet foi concebida pelo brilhante Engenheiro Major **E.H. Armstrong**, durante a I Guerra Mundial, em 1917, combatendo na França (p.83, *IEEE Spectrum*, Sept., 1984).

O receptor superhet foi primeiramente patenteado na França em 30/12/1918 (Fig.).



Fig. Cópia da carta patente de Armstrong depositada em 1918 no Escritório Nacional de propriedade industrial (Brevé N.407.057).

Os blocos que compõe o receptor são:



**Figura - Esquema de um receptor superheteródino AM.**

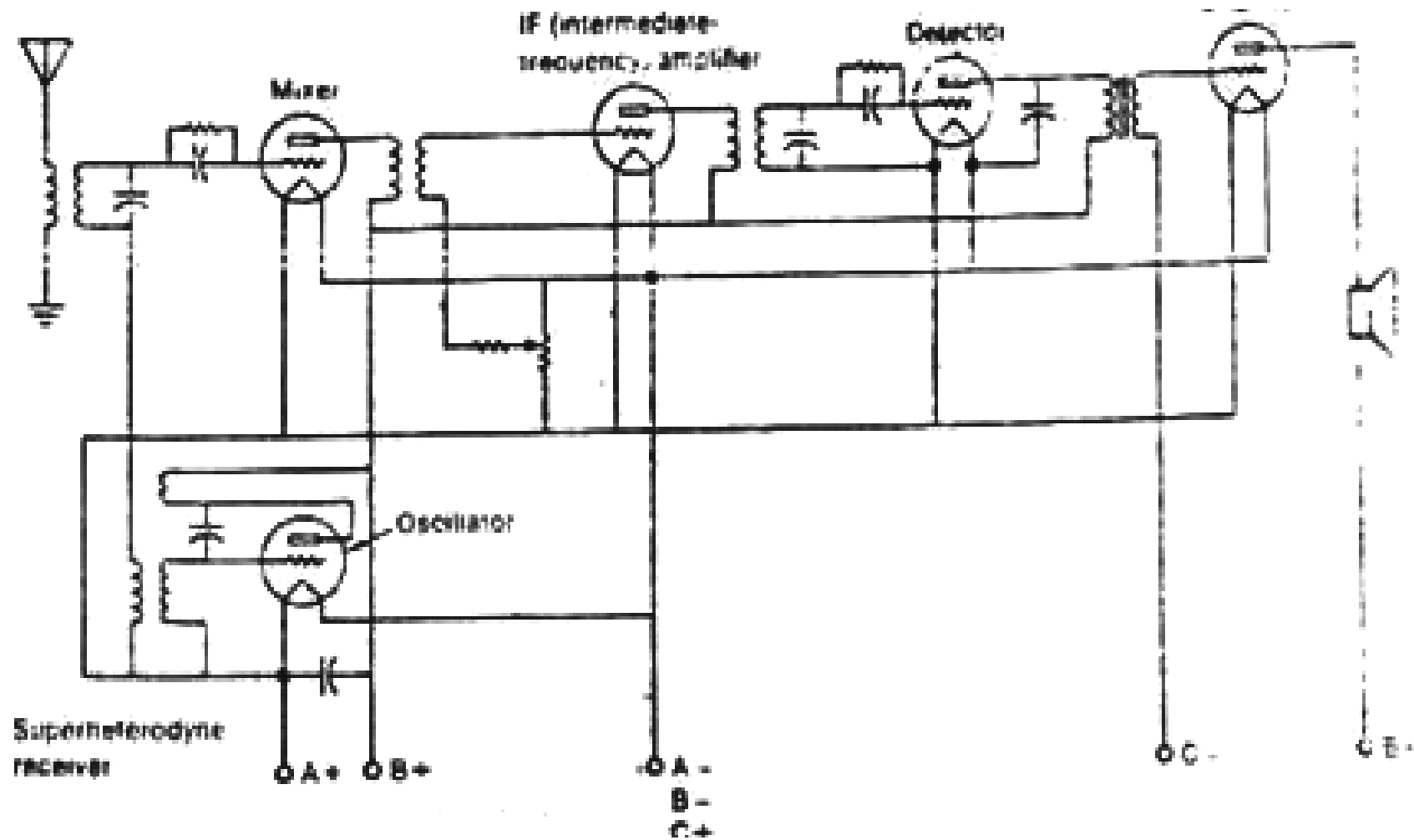


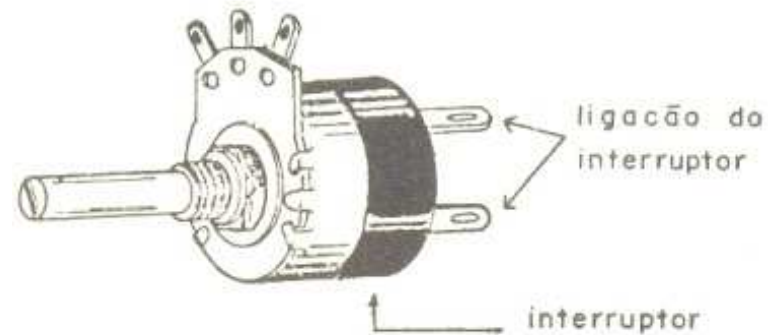
Figura - Esquema original de Armstrong.

As características de um receptor AM para radiodifusão correspondem a:

$540 \text{ kHz} \leq f_c \leq 1600 \text{ kHz}$	$10 \text{ kHz} \leq B_{RF} \leq 900 \text{ kHz}$	RF
$f_{FI} = 455 \text{ kHz}$	$B_{FI} = 10 \text{ kHz}$	FI
$f_m = 5 \text{ kHz}$	$B_{AF} = 5 \text{ kHz}$	AF

Praticamente todos os receptores empregados hoje em transmissões comerciais são superheteródinos:

- radiodifusão AM
- radiodifusão FM
- televisão monocromática e em cores
- enlaces de microondas
- satélites
- rádio digital
- rádio móvel
- celulares etc.

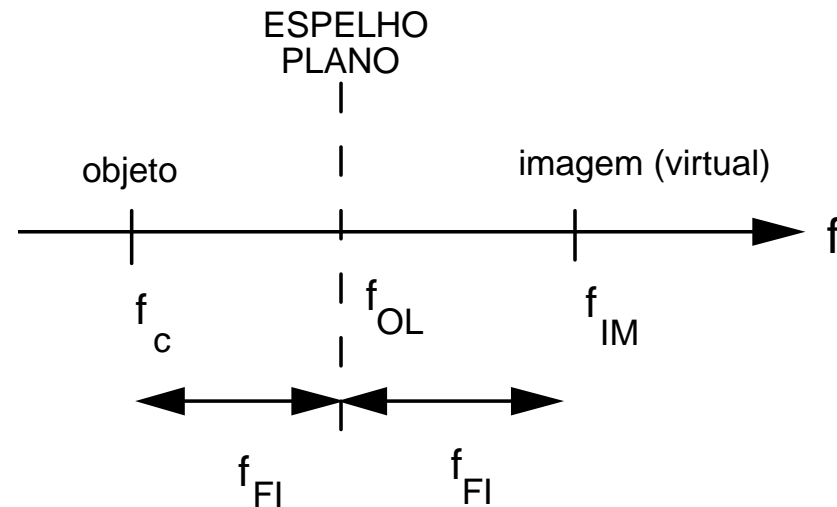


## Canal Adjacente

Para uma dada estação operando com frequência de portadora  $f_C$ , chama-se canal adjacente a qualquer outra estação cuja portadora tenha frequência próxima a  $f_C$  (conceito qualitativo). Muitas vezes há interferência no sinal demodulado devido ao canal adjacente, pois os filtros utilizados não são ideais.

# Canal Imagem

A frequência imagem de uma frequência  $f_c$  corresponde à frequência localizada simetricamente com relação ao oscilador local.



**Figura - A frequência Imagem:  $f_{IM}$  é a imagem de  $f_c$ .**



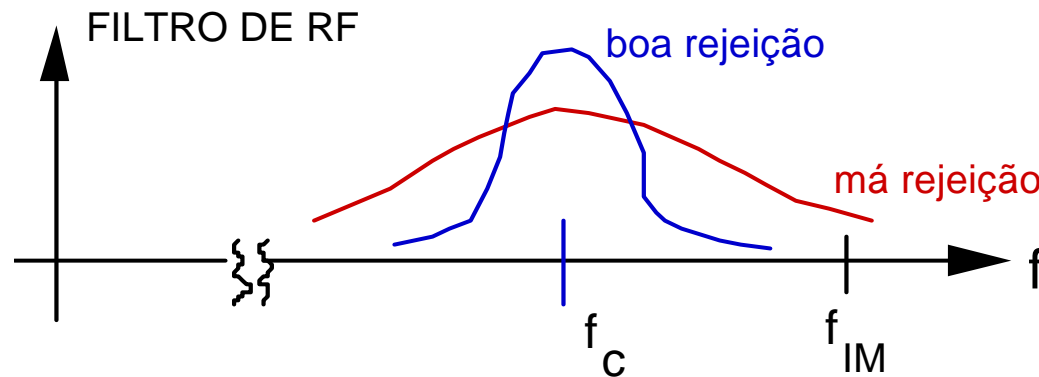
Se o oscilador local funciona acima da portadora,  $f_{OL}=f_c+f_{FI}$ , então a frequência imagem é expressa por  $f_{IM}=f_c+2f_{FI}$ .

Quando aplicadas ao misturador, tanto  $f_C$  quanto  $f_{IM}$  são convertidas para  $f_{FI}$ . Isto significa que quando o receptor sintonizar uma emissora na frequência  $f_C$ , estando outra estação na frequência  $f_{IM}$  no ar, **ambas serão amplificadas na FI e demoduladas.**

Notar que o canal imagem  $f_{IM}$  causa interferência em uma estação  $f_c$ , porém a recíproca não é verdadeira.

# Seção de RF

Em AM comercial adota-se uma banda passante tipicamente  $10 \text{ kHz} < B_{RF} < 900 \text{ kHz}$ . Assim, a seletividade é baixa nesta etapa, mas deve ser suficiente para uma boa rejeição da frequência imagem.

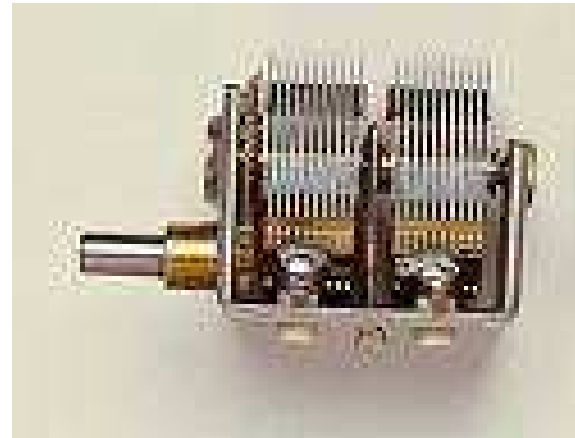


**Figura - Rejeição da frequência imagem.**

O primeiro elemento desta seção é a antena:

- Na faixa de HF empregam-se normalmente antenas dipolo (e.g.  $l/2$ )
- Na faixa de VHF é comum o uso de tubos rígidos de Alumínio (e.g. antenas Yagi)
- Na faixa de UHF as antenas mais usadas são Helicoidais
- Na faixa de SHF opta-se frequentemente pelas Parabólicas.

A seção de RF é responsável pela sintonia, juntamente com o ajuste correto da frequência de operação do oscilador local. A variação simultânea é conseguida empregando capacitor variável (de placas paralelas) de duas seções, usado em muitos receptores superheteródinos. Capacitores ajustáveis são também largamente empregados, como os *trimmers* ou *padders*. A variação na capacitância é obtida pela regulagem de um parafuso. Uma parte da armadura é fixa e a outra se movimenta por meio de parafuso, modificando a separação entre as placas. Tipicamente, a capacitância varia numa faixa de 1 pF a 30 pF.



**Figura - Capacitor dupla seção com placas paralelas.**



***trimmers* para juste fino.**

# Conversor de frequências

O misturador empregado nos receptores é um conversor para baixo.

Qualquer portadora  $f_c$  sintonizada é deslocada para uma frequência  $f_{FI}$ , chamada *frequência intermediária*.

A nova frequência de operação,  $f_{FI}$ , situa-se entre as frequências de áudio e a frequência da portadora, isto é,  $f_M < f_{FI} < f_C$ .

Para obter-se uma frequência fixa  $f_{FI}$  na saída, a frequência do oscilador local pode ser escolhida acima ou da portadora:

$$\begin{array}{ll} f_{OL} = f_c + f_{FI} & \text{acima da portadora,} \\ f_{OL} = f_c - f_{FI} & \text{abaixo da portadora.} \end{array}$$

Por razões práticas, optou-se pelo uso da frequência do oscilador local acima da portadora  $f_{OL}=f_C+f_{FI}$ . Admitindo uma frequência intermediária  $f_{FI}=455$  kHz na faixa de AM ondas médias  $540 \text{ kHz} \leq f_C \leq 1.600 \text{ kHz}$ , verifica-se que a faixa de frequências que deve ser gerada no oscilador local é:

- $955 \text{ k} \leq f_{OL} \leq 2.055 \text{ kHz}$       oscilador acima da portadora
- $85 \text{ k} \leq f'_{OL} \leq 1.145 \text{ kHz}$       oscilador da portadora.

No primeiro caso, a razão entre as frequências é 2:1 e no segundo caso é de 13:1. Em consequência, optou-se trabalhar acima da portadora, pois é muito mais simples a implementação com capacitor variável.

# Seção de FI

No estágio de FI são usados amplificadores de FI com ganho bem superior aquele da seção de RF e frequentemente empregam-se dois ou três estágios de amplificação de FI. Praticamente todo o ganho do receptor é obtido nesta seção.

Estes amplificadores operam sempre na mesma faixa de frequências e fornecem quase toda a seletividade do receptor. Para sinais de áudio a banda passante é cerca de  $B_{FI}=10$  kHz, de forma que a rejeição ao canal adjacente é realizada nesta etapa.

Para radiodifusão AM comercial, o valor mais usado para a FI em todo o mundo é  $f_{FI}=455$  kHz.

**Tabela - Valores Típicos de FI para diversas Aplicações.**

Sinal utilizado	faixa de frequências	frequência intermediária
AM	540 a 1600 kHz	455 kHz
comercial		
CB SSB	27 MHz	7,8 MHz
SSB em VHF	3 a 30 MHz	1,7 MHz
FM	88 a 108 MHz	10,7 MHz
comercial		
TV (VHF)	54 a 223 MHz	41 a 47 MHz
Microondas	1 a 10 GHz	70 MHz
TV (DBS)	1 a 2 GHz	479,5 MHz



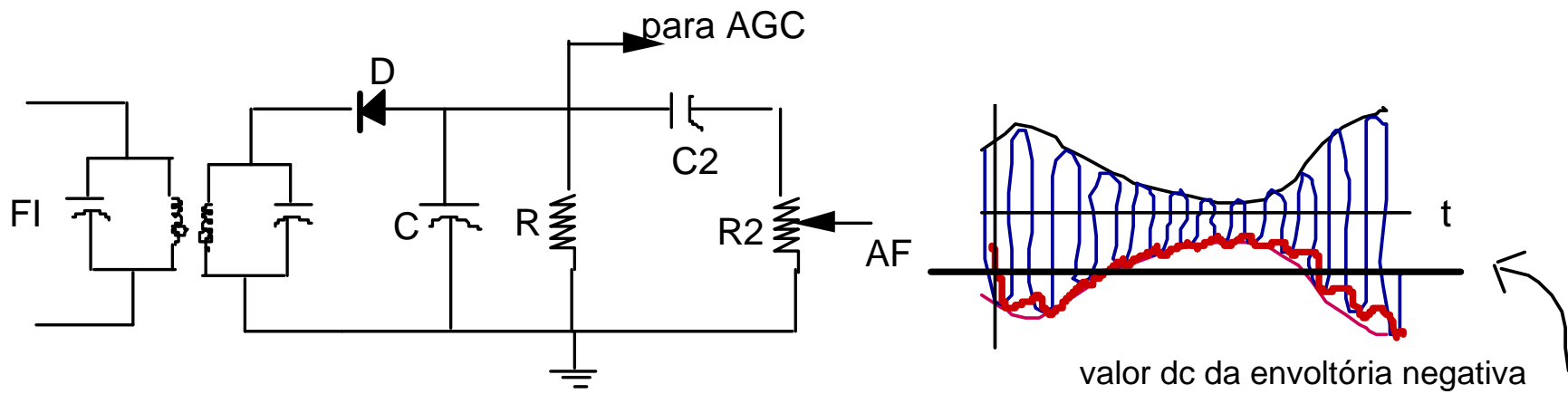
# Seção de demodulação

A demodulação do sinal AM é feita usando um detector de envoltória bastante simples e cuja constante de tempo é ajustada para um sinal de voz modulado com portadora na frequência  $f_{FI}$ .

Nesta seção:

- controle de volume do receptor,
- deriva-se a realimentação ao AGC.

O diodo é invertido de maneira que a envoltória negativa do sinal de FI é demodulada. Isto não afeta a detecção e proporciona uma tensão negativa para ser utilizada pelo AGC. O controle de volume normalmente é feita neste estágio, através de um potenciômetro.



**Figura - Configuração típica de um detector AM.**

# Controle automático de ganho (AGC)

O controle automático de ganho (AGC) é necessário para variar o ganho total do receptor, de acordo com a intensidade do sinal recebido.

Se for escolhido um ganho muito alto de modo a possibilitar ouvirem-se estações bastante fracas, este ganho será excessivo para estações com sinais fortes e irá saturar os amplificadores. Se, ao contrário, o ganho total for pequeno, estações com sistemas fracos não poderão ser escutadas.

**A solução adotada = AGC.**

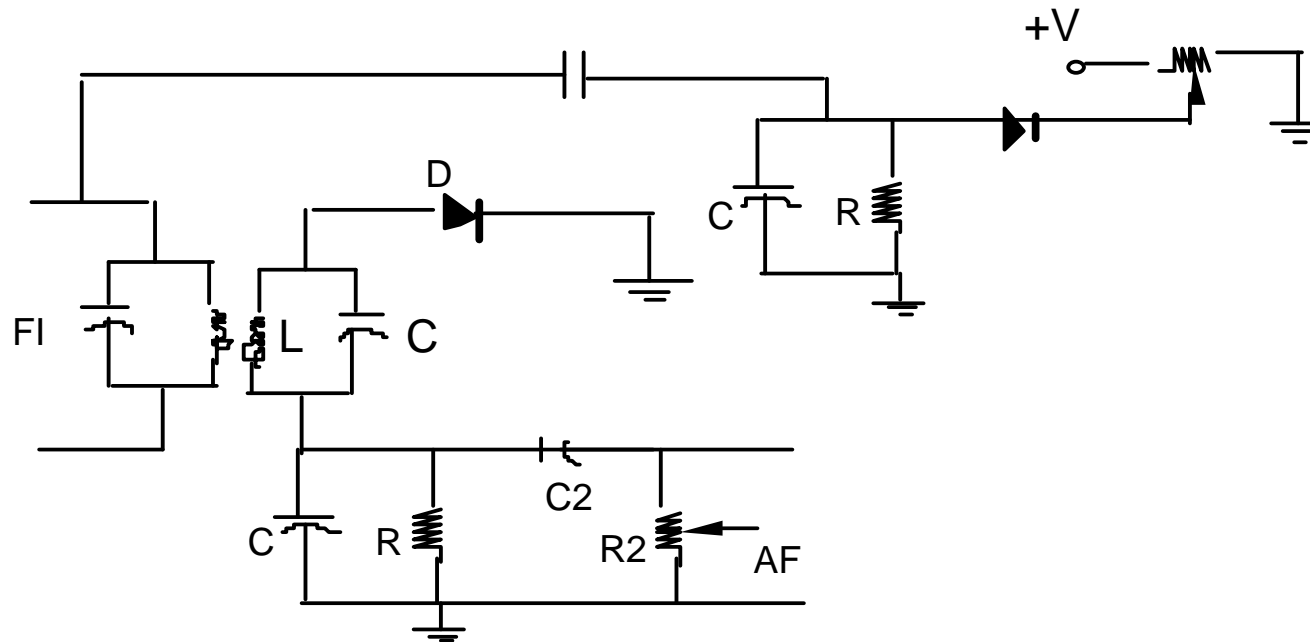
# AGC com Atraso

O sinal realimentado pelo AGC simples reduz o ganho do amplificador de FI, sendo a redução tanto maior quanto mais forte é a intensidade do sinal que chega ao receptor.

**Infelizmente, os sinais fracos também não escapam desta redução de ganho.**

Uma maneira de contornar este fato é através do uso de outro tipo de AGC mais sofisticado, conhecido como “AGC de retardo”.

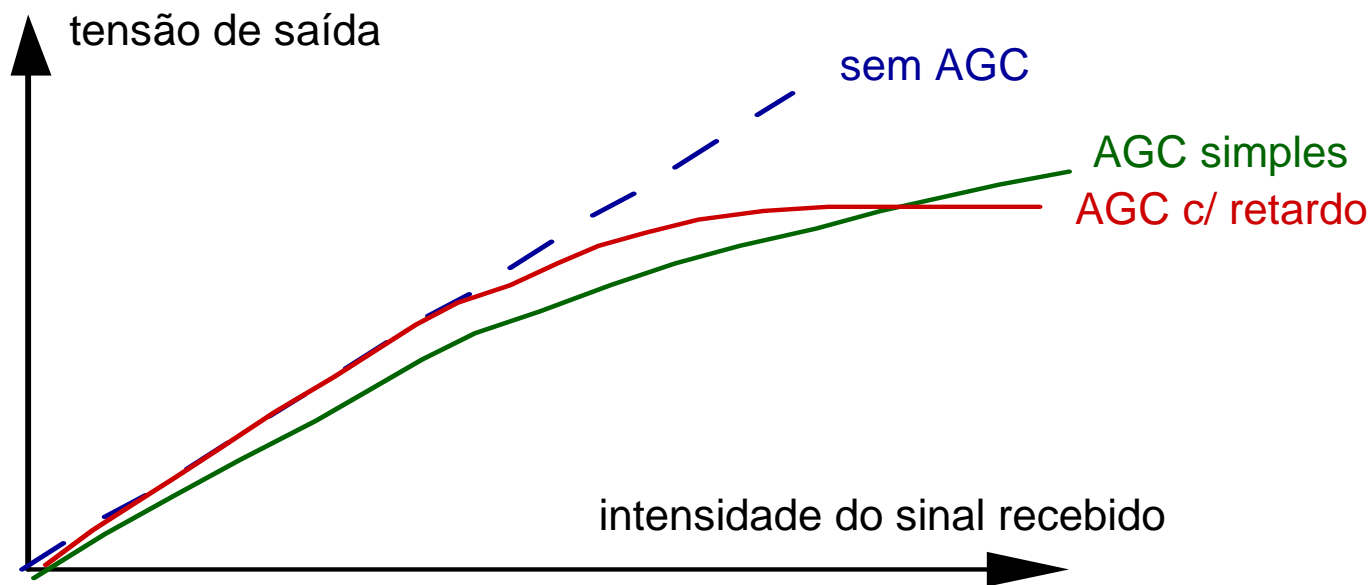
O diodo  $D_1$  realiza a detecção de envoltória e fornece o sinal demodulado em AF. Outro diodo  $D_2$  é usado para realizar outra detecção de envoltória do sinal de FI, visando obter o nível dc utilizado pelo AGC.



**Figura - AGC com retardo. O nível do retardo é ajustado via potenciômetro.**

A tensão positiva aplicada ao cátodo do diodo de AGC evita a sua condução até que um nível pré-determinado do sinal de FI tenha sido alcançado.

Estações fracas => controle do AGC não atua, pois o diodo  $D_2$  permanece cortado.



**Figura - Operação de diferentes tipos de AGC:  
AGC simples e com retardo.**

# Seção de AF

Após o sinal AM ser demodulado pelo detector de envelope, o sinal de áudio deve ter seu nível de potência elevado para valores adequados.

- É muito comum o uso de um pré-amplificador de áudio nesta seção.

etapa de amplificação de áudio = amplificador classe B operando em “*push-pull*”.

- o impedância de saída do amplificador  $\cong 800 \Omega$ ,

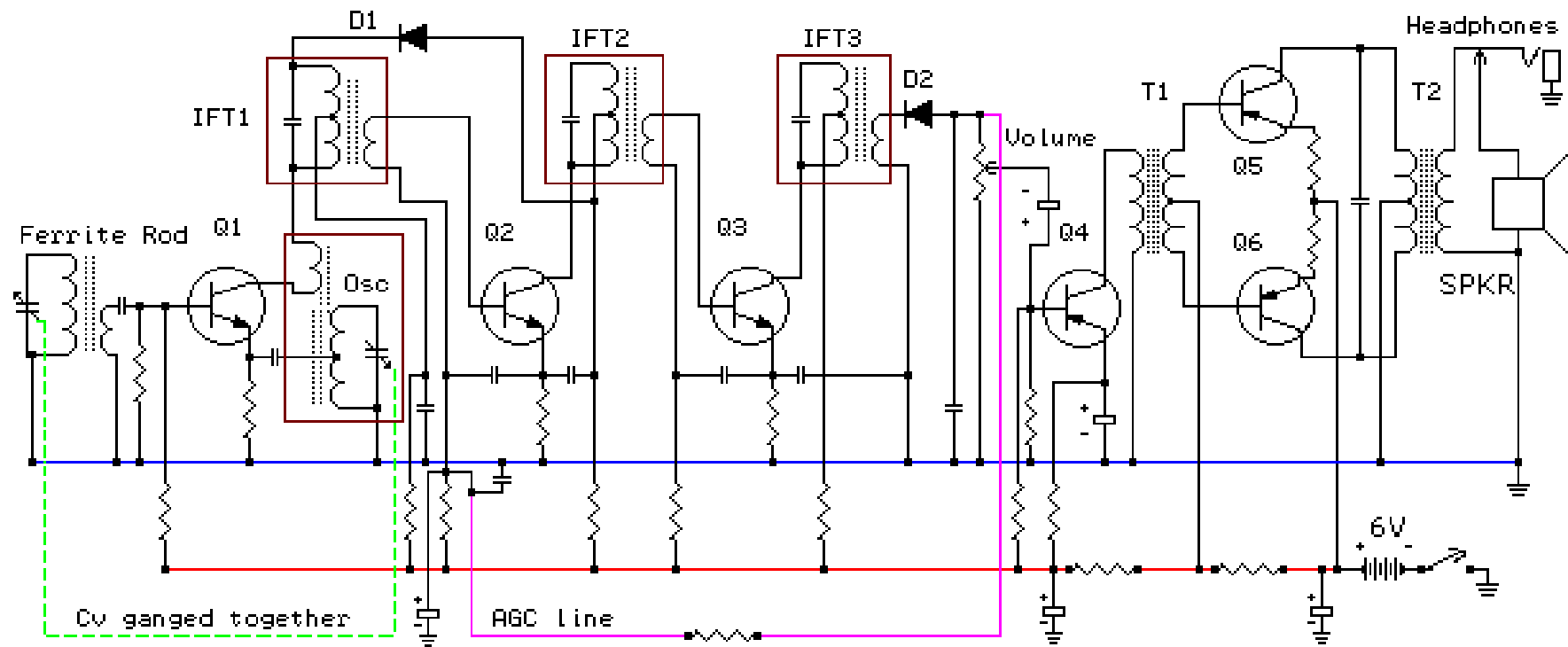
- o impedância de alto-falantes  $\cong 8 \Omega$ ,

daí a necessidade do emprego de um transformador de saída para acoplá-los.



**Figura - Major Edwin Howard Armstrong (1890-1954) e o primeiro receptor portátil.**





**Figura – Esquema de receptor de rádio AM com 5 transistores.**

Os sinais fracos de RF são captados pela antena. O circuito sintonizado (BPF) proporciona a seleção do sinal da estação desejada, bem como a rejeição da frequência imagem. Neste receptor não há amplificador de RF, e o sinal é entregue diretamente na base de  $Q_1$ . O circuito sintonizado colocado no emissor de  $Q_1$  é acoplado magneticamente ao indutor do coletor, causando oscilação  $f_{OL}$  determinada por  $C_G$ . O transistor  $Q_1$  funciona como misturador e oscilador local, transladando o espectro do sinal para a frequência intermediária.  $C_G$  é um capacitor variável com duas seções e permite a variação conjunta do estágio de RF e da frequência do oscilador local.

Através do transformador TR1 (transformador de FI, núcleo ajustável), o sinal convertido para FI é aplicado no estágio amplificador de FI. A amplificação é realizada pelo transistor Q2 e a saída é acoplada magneticamente ao estágio demodulador. O diodo D e o circuito *RC* realizam a detecção de envoltória, sendo o sinal demodulado aplicado a Q3.

O capacitor  $C_B$  bloqueia o nível dc da envoltória recuperada simultaneamente. O nível dc deste sinal é obtido pelo LPF  $R_1C_1$  e atua como AGC, reduzindo o ganho do amplificador de FI. O transistor Q3 é um pré-amplificador de áudio que fornece, através de TR2, o sinal para o estágio de amplificação de áudio. Este último é constituído por um amplificador classe B (Q4 e Q5 operando em “*push-pull*”). A saída amplificada é acoplada ao **alto-falante** através do transformador de saída TR3.