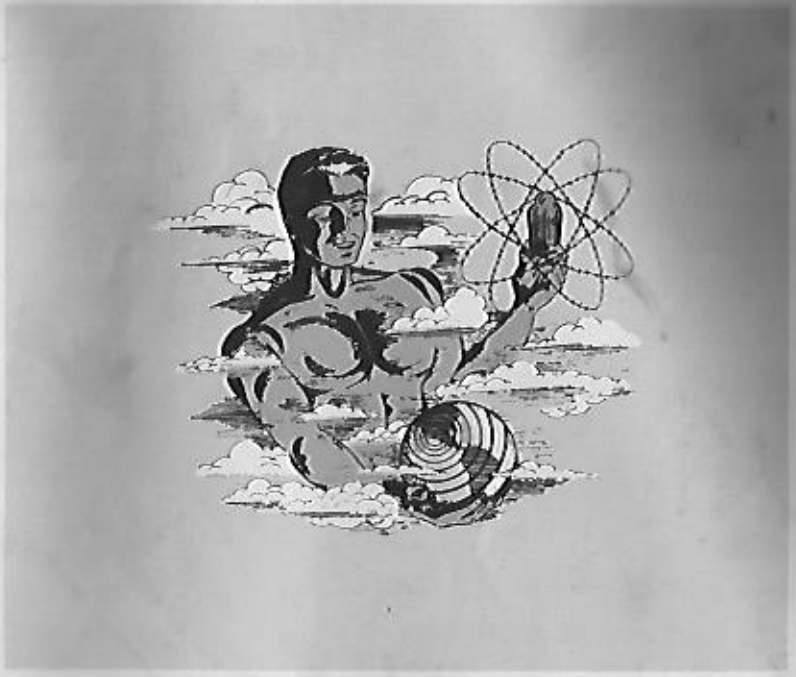
432





Printed in Brazil
Impresso no Brasil

OCCIDENTAL SCHOOLS
ESCOLA DEDICADA EXCLUSIVAMENTE AO ENSINO ESPECIALIZADO DE ELETRÔNICA — RÁDIO — TELEVISÃO E SUAS RAMIFICAÇÕES



RUA CAPITÃO SALOMÃO 59 - C.E.P. 01034 - SÃO PAULO - S.P. - BRASIL

LIÇÃO E-20
VÁLVULAS ELETRÔNICAS PARTE II

Como vimos nas lições E-19 e A-3, as válvulas eletrônicas desempenham uma série de funções, isto é, *controlam tudo* de qualquer aparelho que funcione à válvula, da mesma forma que um transistor controla todo o circuito transistorizado. Tanto à válvula como o transistor em seu respectivo circuito é o centro de todas as operações (funções) ótimas, deficientes ou com defeitos. Isto vale para qualquer circuito eletrônico. *Praticamente*, as funções das válvulas eletrônicas são semelhantes (iguais) às válvulas de um sistema hidráuli

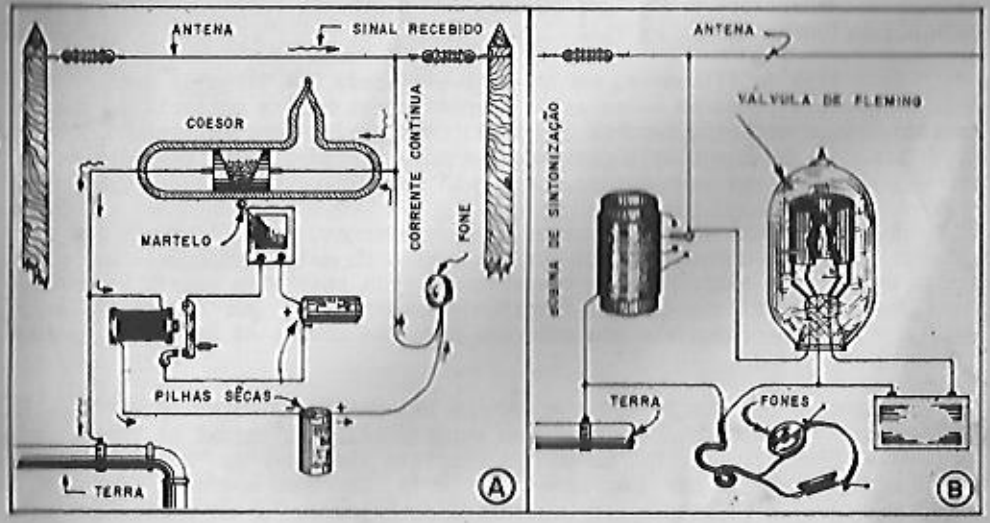


FIGURA 1
(A) RECEPTOR USANDO COESOR. (B) RECEPTOR USANDO A VÁLVULA DE FLEMING

co. Podemos comparar a válvula eletrônica a uma *torneira*: abrimos ou fechamos a torneira conforme a quantidade de água que queremos no momento; se queremos pouca água ela é fechada na quantidade desejada, e se queremos um jato de água a abrimos de tal forma que nos dê esse jato de água. Mas entre os dois extremos temos um limite: fechando-a a certo ponto, a torneira só pinga água, abrindo-a toda, em determinado ponto, é inútil continuar a abri-la que o fluxo de água não aumentará (na prática). A mesma coisa sucede com as válvulas: a grade é o registro (torneira ou válvula hidráulica) que controla o fluxo de elétrons; conforme a polarização da tensão de grade em relação ao elemento emissor (filamento ou catodo), haverá passagem de elétrons do elemento emissor para a placa. Contudo, as frases "*controlam tudo*" e "*praticamente*" não dizem a finalidade de uma válvula eletrônica e de um transistor num circuito; a *finalidade primordial* de uma válvula ou de um transistor é *amplificar* (bem diferente da finalidade de uma torneira ou válvula hidráulica). Uma torneira ou válvula hidráulica não pode aumentar a água mais do que está fluindo pelo condutor (tubulação), mas as válvulas eletrônicas aumentam (amplificam) deste circuito um sinal complexo mínimo ao máximo que queremos (com as devidas ligações).

Nesta lição continuaremos a estudar os fatores que determinam o funcionamento de uma válvula, suas características de construção e alguns aperfeiçoamentos incorporados ao triodo original descoberto pelo Dr. Lee De Forest. Além disso, explicaremos os tipos das válvulas desenhadas especialmente para que seus filamentos funcionem com corrente alternada, as características da emissão eletrônica, o tipo do filamento, etc.

TIPOS DE FILAMENTOS USADOS PARA A EMISSÃO ELETRÔNICA

As características de uma válvula dependem em grande parte do tipo de filamento utilizado; portanto é necessário que o aluno se familiarize com os detalhes de fabricação dos diversos tipos de filamentos das válvulas eletrônicas.

FILAMENTOS DE TUNGSTÊNIO - O filamento de Tungstênio foi um dos primeiros tipos utilizados para as válvulas eletrônicas; este metal ao se aquecer pela alta temperatura produz uma emissão de elétrons, condição indispensável para o funcionamento das válvulas.

Este tipo de filamento, embora seja utilizado em válvulas para receptores, é mais utilizado em válvulas de transmissores de alta potência porque sua característica mecânica suporta rigorosas condições de funcionamento. Contudo, os filamentos de Tungstênio continuam sendo utilizados como elemento calefator nas válvulas que usam catodo, como explicaremos nesta lição.

Na maioria das válvulas usadas nos receptores, este filamento foi substituído por um filamento coberto por uma camada de metais especiais que produzem maior emissão eletrônica em temperaturas mais baixas ou iguais às anteriores. Trata-se de filamentos de Tungstênio cobertos com uma camada de Tório; outros filamentos especiais são cobertos por uma camada de Óxidos de Bário e Estrôncio.

FILAMENTO DE TUNGSTÊNIO COBERTO COM UMA CAMADA DE ÓXIDO DE TÓRIO - Este tipo de filamento foi descoberto em experiências realizadas no laboratório da General Electric pelo Dr. Langmuir; consiste simplesmente de um filamento de Tungstênio coberto por uma camada de Tório, conforme mostra a figura 2. A razão pela qual o filamento com uma camada de Óxido de Tório produz uma emissão eletrônica muito mais intensa que o simples filamento de Tungstênio, ainda não foi determinada com exatidão. Contudo, se supõe que a presença do

Óxido de Tório reduz a coesão que tende a manter os elétrons (do material do que é composto o filamento) dentro de suas órbitas.

O Óxido de Tório se agrega ao Tungstênio durante o processo de construção e se mistura com ele, fazendo parte dele no interior do filamento e formando uma fina camada na parte exterior.

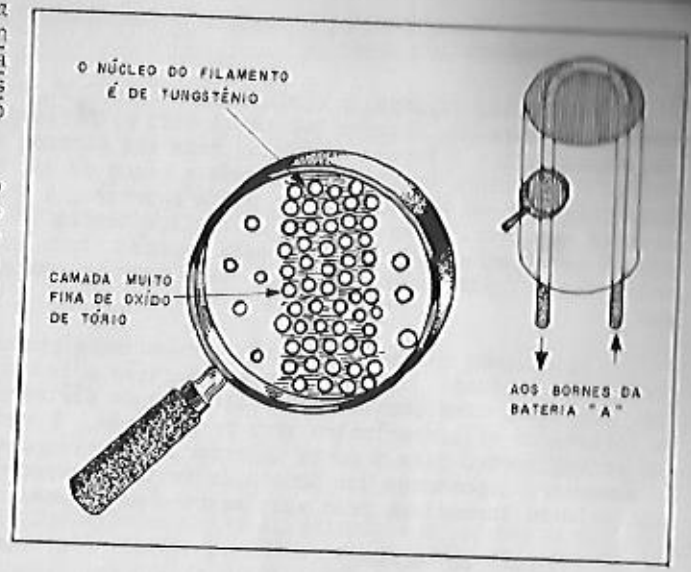


FIGURA 2
FILAMENTO DE TUNGSTÊNIO COM UMA CAMADA DE ÓXIDO DE TÓRIO

Este tipo de filamento tem a vantagem de que quando a válvula chega a se esgotar (reduzir a emissão eletrônica) como consequência do desaparecimento da camada de Óxido de Tório, é possível rejuvenescer a válvula aplicando-lhe uma tensão instantânea de três vezes o valor normal pelo tempo de 10 e 15 segundos, deixando-a depois ligada a uma fonte de tensão de aproximadamente uma vez ou uma vez e meia o valor normal de seu funcionamento, por um período de duas horas.

Fazendo isto, sucede o seguinte: devido à excessiva temperatura a que submetemos o filamento, a parte do Óxido de Tório que se encontrava no interior do filamento de Tungstênio sai à superfície e forma uma nova camada de Tório para repor a que se havia queimado como consequência do uso da válvula. Desta forma, se estabelece a emissão eletrônica normal porque a válvula rejuvenesceu.

FILAMENTO COBERTO COM ÓXIDOS DE BÁRIO E ESTRÔNCIO - Um tipo de filamento muito utilizado nas válvulas eletrônicas é o filamento composto de uma liga de Ferro, Cobalto, Níquel e Titânio. Depois de pronto, o filamento é submetido a um banho de Óxidos de Estrôncio e Bário, os quais facilitam grandemente a emissão eletrônica. Com este tipo de filamento é possível obter uma magnífica emissão eletrônica em comparação com o simples filamento de Tungstênio.

TENSÃO DE PLACA

A tensão de C.C. aplicada à placa de uma válvula é um dos potenciais de polarização que raramente varia durante o uso normal da válvula, já que esta tensão é sempre fornecida por uma fonte de corrente contínua de tensão estável, como uma bateria, uma fonte de alimentação com a retificação da C.A., ou por uma fonte de alimentação de C.A., como no caso das válvulas retificadoras.

Apesar da tensão de placa geralmente se manter fixa, é necessário

o aluno conheça de que forma é afetado o funcionamento de uma válvula, quando se varia a tensão da placa.

Para isto, vejamos o circuito da figura 3A, representado pictograficamente na figura 3B. Observe que neste caso a tensão do filamento se mantém fixa, enquanto que a tensão de placa pode ser variada por meio de um potenciômetro; este potenciômetro está ligado à placa de tal forma que se o braço do potenciômetro for movido para a parte superior, a tensão positiva da placa aumenta de valor. Para esta experiência a tensão B é fornecida por três baterias ligadas em série; contudo, esta tensão pode ser fornecida por qualquer outra fonte capaz de proporcionar uma tensão com as características desejadas.

Suponhamos que iniciamos a experiência colocando o braço do potenciômetro na extremidade inferior; nesta posição a tensão aplicada a placa é zero. Sob estas condições não haverá atração de elétrons pela placa e, portanto, a leitura no miliamperímetro será zero; porém, à medida que movermos o braço do potenciômetro para a parte superior, a tensão positiva de placa começará a aumentar. Suponhamos que depois de feita a experiência obtivemos os seguintes valores fornecidos pelo voltímetro e pelo amperímetro.

TENSÃO DE PLACA (em volts)	*CORRENTE DE PLACA* (em miliampères)
0	0
20	1,5
40	3,4
60	5,5
80	8

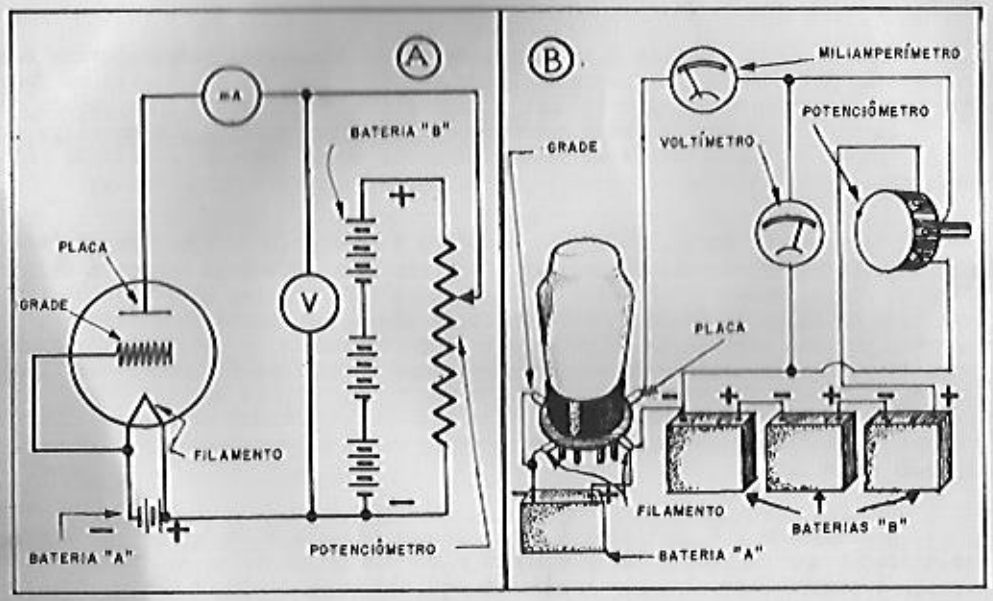


FIGURA 3
CIRCUITO QUE PERMITE OBSERVAR A RELAÇÃO ENTRE A TENSÃO DE PLACA E A CORRENTE DE PLACA. (A) O DIAGRAMA ESQUEMÁTICO. (B) O DIAGRAMA PICTOGRÁFICO

TENSÃO DE PLACA (em volts)	*CORRENTE DE PLACA* (em miliampères)
100	10,5
120	13,5
140	17
160	20,5
180	24,5
200	28
220	32,5
240	37
260	41
280	45,5
300	49,5
320	54,5
340	58,5
360	63,5
380	67,5
400	72

Observando esta lista dos valores obtidos, notamos que a corrente de placa aumenta à medida que aumenta a tensão de placa; porém, não de forma rápida, pois *é necessário um grande aumento de tensão de placa para que seja produzido um pequeno aumento na corrente de placa.*

O aumento da corrente de placa, como consequência do aumento da tensão desta, se deve ao fato de que quando a placa se torna mais positiva em relação ao emissor de elétrons, *maior é a atração desta sobre os elétrons emitidos* pelo filamento; portanto, o número de elétrons que flui para a placa *vai aumentando*.

Na lista dos valores da experiência indicada anteriormente, observamos que à medida que é aumentada a tensão de placa, a corrente de placa também aumenta, mas não em proporção igual ao aumento da tensão de placa. Por exemplo, um aumento de 160 para 180 volts (20 volts) só produziu um aumento de 4 miliampères (de 20,5 a 24,5 miliampères).

Isto indica que não podemos aumentar grandemente a amplificação que a válvula fornece ao aumentar indefinidamente a tensão de placa de uma válvula.

Cabe mencionar aqui, que a válvula utilizada nesta nossa experiência é uma válvula com filamento banhado em Óxidos de Bário e Estrôncio, isto é, filamento que produz grande *emissão eletrônica*.

Por esta razão, se continuarmos aumentando a tensão de placa, a corrente de placa continuará também aumentando, porque sempre haverá um número maior de elétrons disponíveis que possam ser atraídos.

Nas experiências anteriores somente indicamos variações da tensão de placa para fins experimentais, pois a tensão de placa de uma válvula rara vez é variada sob condições normais de funcionamento, já que ela se ajusta mais ou menos ao valor indicado pelas características da válvula. Os valores comuns da tensão de placa das válvulas para receptores de rádio variam geralmente entre 45 e 200 volts e nos receptores de TV entre 135 e 20.000 volts.

Para que o aluno se familiarize com o uso e a maneira de interpretar os gráficos de características das válvulas, o próprio aluno pode fazer o gráfico correspondente à lista de valores obtidos da experiência feita com o cir

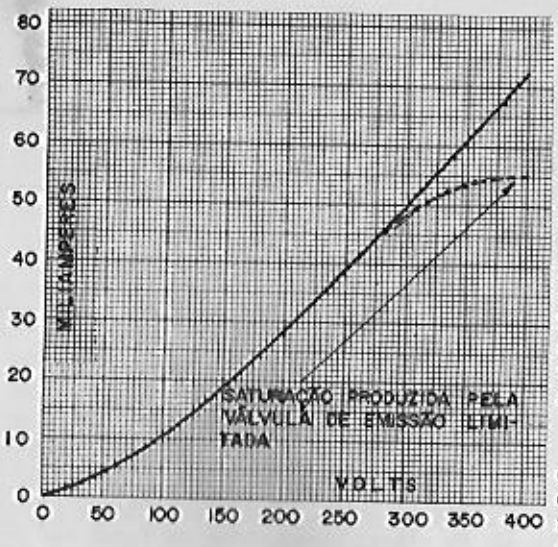


FIGURA 4
GRÁFICO DA RELAÇÃO ENTRE A TENSÃO E A CORRENTE DE PLACA

cuito da figura 3.

Para traçar este gráfico, veja as explicações sobre a construção e interpretação de gráficos na lição A-3. O gráfico que obteríamos com os valores obtidos na experiência da figura 3 pode ser comparado com o gráfico da figura 4. Se as distâncias entre os valores que utilizamos são iguais às que usamos na figura 4, a curva deve ser igual. Se as distâncias entre os valores que usamos não forem as mesmas, contudo estiverem em proporção correta, a curva obtida será bem semelhante.

Os valores indicados no gráfico da figura 4 correspondem à lista de valores dada anteriormente com referência à experiência realizada com uma válvula de alta emissão eletrônica.

Contudo, se fizermos a mesma experiência indicada na figura 3, usando uma válvula de emissão eletrônica limitada (de filamento de Tungstênio), encontraremos que aumentando progressivamente a tensão de placa, chegaremos a um ponto que um maior aumento de tensão de placa já não produzirá um aumento na corrente de placa.

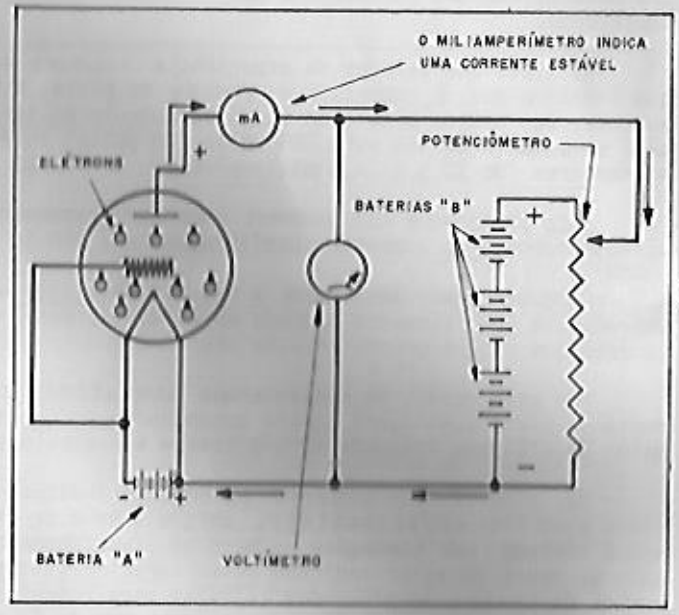


FIGURA 5
NAS VÁLVULAS DE EMISSÃO LIMITADA, O PONTO DE SATURAÇÃO É ATINGIDO QUANDO TODOS OS ELÉTRONS EMITIDOS SÃO ATRAÍDOS PELA PLACA

Isto acontece porque usando válvulas de emissão eletrônica limitada, chegamos a um ponto que a totalidade dos elétrons emitidos estão sendo atraídos pela placa, e como o filamento não é capaz de emitir mais elétrons, não haverá um maior aumento na corrente de placa como consequência de uma maior tensão de placa.

Esta condição é conhecida como *ponto de saturação da corrente de placa*. Se esta condição em alguns casos é uma deficiência, em outros não o é por causa de sua aplicação em circuitos especiais.

Este fenômeno de saturação da corrente de placa está ilustrado na figura 5 e no gráfico da figura 4 pela linha pontilhada na parte superior, à direita. Observe que esta linha pontilhada indica que quando utilizamos uma válvula de emissão eletrônica limitada, a corrente de placa não continua aumentando indefinidamente (como sucede com as válvulas de grande emissão eletrônica); ela se estabiliza depois que a tensão de placa alcança certo valor, como 350 volts, no caso da figura 4, pois a corrente de placa continua sendo a mesma para 375 volts, 400 volts, etc.

TENSÃO FIXA DE GRADE

De todas as tensões normais de polarização das válvulas, a mais importante delas e que deve ser ajustada ao valor especificado é a *tensão fixa de grade* (tensão normal de grade), porque dela depende em grande parte o funcionamento geral da válvula. Nesta lição vamos explicar em detalhes a forma em que a tensão fixa de grade (tensão sem sinal) afeta o funcionamento da válvula.

Na lição anterior foram explicadas as razões porque a corrente de placa aumenta à medida que aumenta a tensão positiva de grade, ou diminui à medida que a grade adquire tensão negativa em relação ao emissor de elétrons. Por esta razão, estas explicações serão um complemento mais extenso às que foram dadas anteriormente.

Para estudar em detalhes os efeitos que podemos obter ao variar a tensão fixa de grade (tensão normal de grade), utilizaremos o circuito da figura 6; aí temos uma válvula triodo com uma tensão positiva de placa de 350 volts que se mantém fixa (como sucede normalmente).

O filamento desta válvula está ligado à bateria A de 6,3 volts. Neste caso só vamos variar a tensão da grade, ligando o terminal de grade aos diversos bornes das baterias que utilizamos neste caso para a polarização negativa ou positiva. Observe que a bateria da esquerda nos pode fornecer vários potenciais negativos para a grade, enquanto que a bateria da direita nos pode fornecer várias tensões positivas, isto é, ela pode tornar a grade positiva em relação ao filamento.

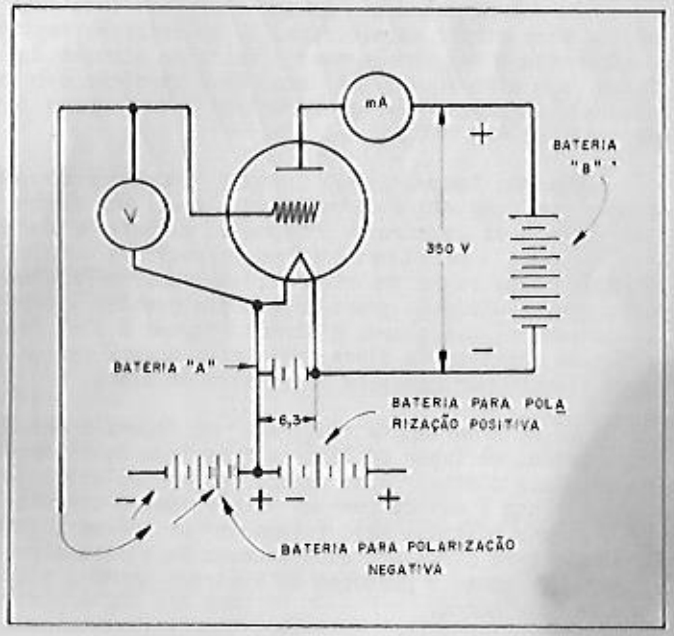


FIGURA 6
CIRCUITO QUE PERMITE VARIAR A TENSÃO DE GRADE

Iniciamos a experiência deixando o terminal de grade ligado ao lado esquerdo do filamento, isto é, sem nenhuma tensão (zero volt).

Observando o miliamperímetro ligado no circuito da placa, notamos que ele inicia um fluxo de corrente de 10 miliampères. Portanto, 10 miliampères é a corrente normal de placa quando a válvula não tem aplicada nenhuma tensão de sinal de A.F. ou R.F. na grade.

Investiguemos agora o que sucede quando aplicamos à grade uma polarização de -5 volts (negativos). Para ter -5 volts, ligamos o terminal da grade à uma das derivações da bateria à esquerda. Notamos que a corrente de placa para esta determinada válvula é de 7 miliampères, isto é, ela diminuiu devido à polarização negativa de grade que fez com que a grade repelisse parte dos elétrons emitidos, obstruindo sua passagem para a placa (cargas de polaridade igual se repelem).

Se aplicarmos à grade uma tensão de -10 volts, observaremos que a corrente de placa será menor, ou seja, de 4 miliampères. Quando aplicarmos à grade uma tensão de -15 volts, observaremos que a corrente de placa será somente de 1,8 miliampère; e aplicando à grade uma tensão de -20 volts, ligando-a a outros terminais da bateria, vemos que a corrente de placa diminuiu para 4 décimos de miliampère (0,4 mA), isto é, foi quase completamente bloqueada. Isto acontece porque a polarização de grade é agora suficiente para repelir quase todos os elétrons emitidos pelo elemento emissor.

Aplicando à grade uma polarização de -22 volts, observaremos que a corrente de placa é interrompida por completo. Isto acontece porque a grade adquiriu uma polarização suficientemente alta, capaz de repelir todos os elétrons emitidos pelo elemento emissor e estancar por completo seu fluxo para a placa.

Em outras palavras, apesar da placa continuar tendo sua polarização positiva para atrair os elétrons, a polarização negativa de grade agora é suficientemente alta para vencer o feito de atração da placa e evitar assim o fluxo de elétrons para a placa. Esta condição é chamada de *ponto de corte da corrente de placa*, que na experiência da figura 6 corresponde a uma tensão de grade de -22 volts.

Devemos lembrar que a tensão negativa de grade requerida para interromper por completo a corrente de placa, nem sempre é de -22 volts; esta tensão depende da construção interna da válvula e da tensão aplicada à placa. Por exemplo, aumentando a tensão positiva da placa, aumentamos a força de atração desta sobre os elétrons emitidos pelo elemento emissor, e embora a força de repulsão da grade seja muito grande, a maior força de atração da placa conseguirá que alguns elétrons cheguem a ela. Isto é, quanto mais alta for a tensão positiva da placa, mais alta deverá ser a tensão negativa da grade para bloquer por completo a corrente de placa.

Se na experiência ilustrada na figura 6 deixássemos totalmente desligada a grade, em lugar de ligá-la a um lado do filamento, veríamos que a corrente de placa diminuiria em relação a uma polarização de *ZERO VOLT* (sem polarização). Isto é devido que ao interromper o circuito de grade, um bom número de elétrons emitidos pelo filamento se aderem à grade, pois eles não tem outro meio para circular; este excesso de elétrons produz cargas elétricas negativas que fecham a passagem de elétrons para a placa. Isto é conhecido como *bloqueio de placa*.

Voltando à experiência da figura 6, suponhamos que ligamos de novo a grade ao lado esquerdo do filamento; a polarização será zero e a corrente de placa é de novo 10 miliampères.

Ligando a grade a um dos terminais à direita da bateria que nos dê uma tensão de 5 volts positivos, notaremos que a corrente de placa aumenta para 14 miliampères. Isto acontece porque a grade é agora positiva e, desta forma, estimula a corrente de elétrons entre o filamento e a placa.

Aumentando a tensão da grade para 10 volts positivos, veremos que a corrente de placa aumenta para 20 miliampères. Notaremos que a corrente de placa irá aumentando à medida que aumentarmos a polarização positiva da grade.

Os dados obtidos com a experiência da figura 6, em forma de tabela, são os seguintes:

TENSÃO DE GRADE (em volts)	*CORRENTE DE PLACA* (em miliampères)
-22	0
-20	0,4
-15	1,8
-10	4
-5	7
0	10
+5	14
+10	20

Na figura 7 mostramos a curva obtida ao colocar esses valores num gráfico; ele corresponde à relação entre a tensão de grade e a corrente de placa de uma determinada válvula com o emissor de elétrons do tipo Tungstênio revestido de Tório.

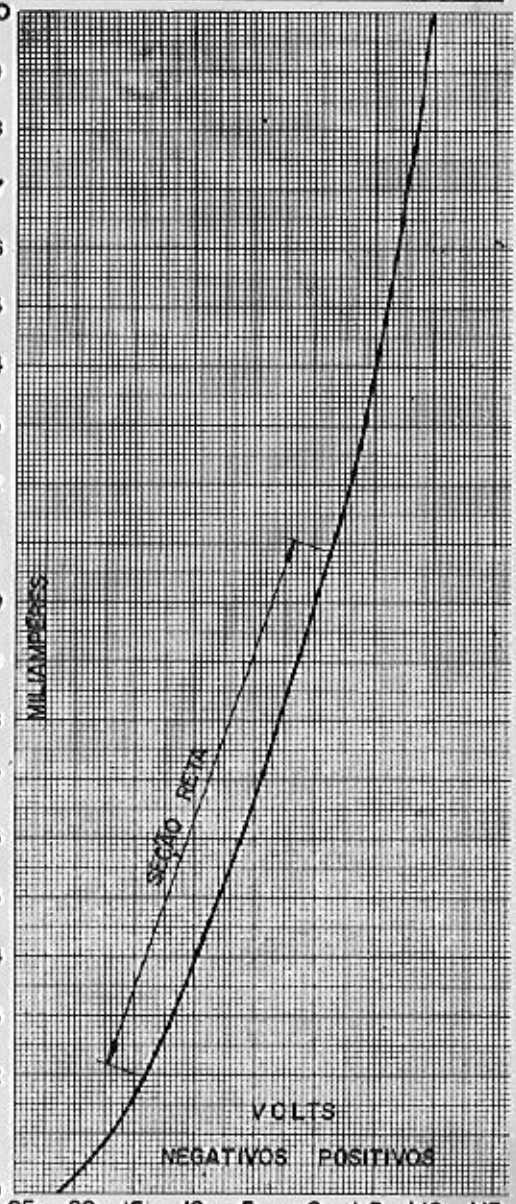


FIGURA 7
GRÁFICO DA RELAÇÃO ENTRE A TENSÃO DE GRADE (Eg) E A CORRENTE DE PLACA (Ip)

Conforme nos mostra o gráfico, vemos que se continuarmos aumentando a tensão positiva da grade, a corrente de placa irá aumentando indefinidamente, pois este tipo de filamento é um excelente emissor de elétrons; sempre haverá elétrons disponíveis que facilitarão o aumento da corrente de placa e, portanto, esta continuará aumentado indefinidamente até que um dos eletrodos da válvula se queime como consequência do calor excessivo produzido pela fricção dos elétrons.

Contudo, se utilizarmos válvulas antigas, veremos que apesar de continuar aumentando a tensão positiva da grade, depois de um certo valor positi

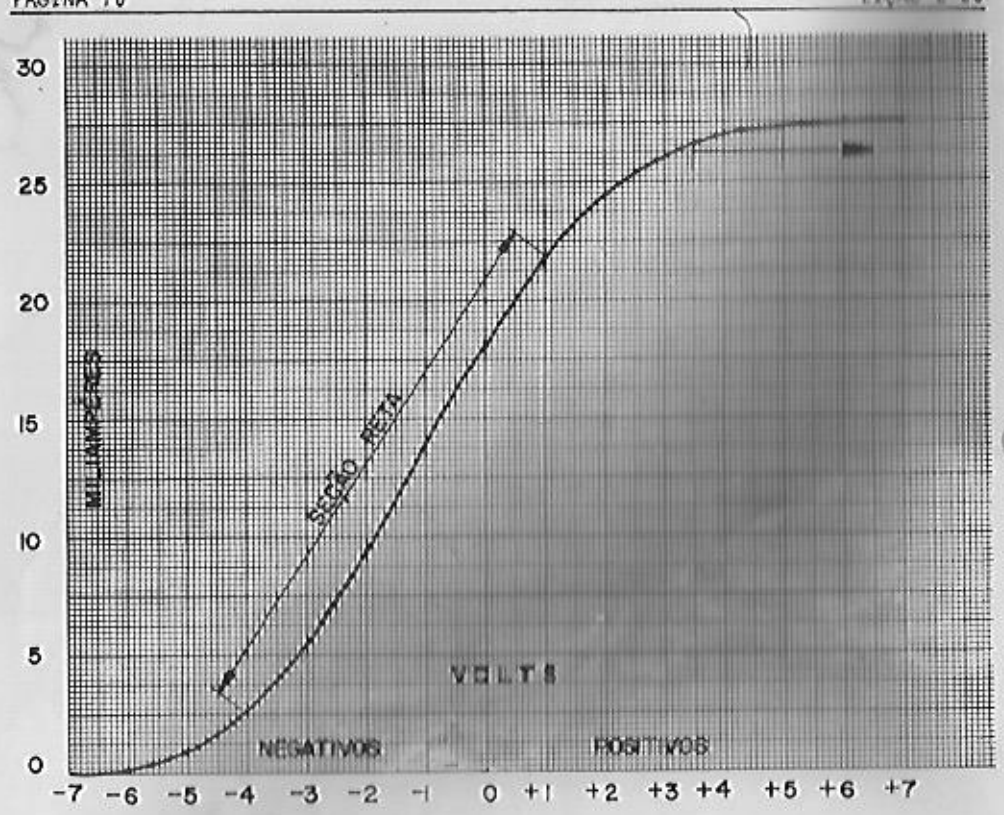


FIGURA 8
GRÁFICO DA RELAÇÃO ENTRE A TENSÃO DE GRADE E A CORRENTE DE PLACA (VÁLVULA DE EMISSÃO LIMITADA)

vo dela a corrente de placa não aumentará mais; a razão é que não há mais elétrons do emissor para produzir um aumento de corrente. Este ponto é também conhecido como *ponto de saturação da corrente de placa* (figura 8); a causa é a emissão eletrônica limitada e a alta polarização positiva da grade.

O gráfico da figura 8 corresponde exatamente à mesma experiência ilustrada na figura 6, embora utilizando neste caso uma válvula de emissão eletrônica mais pobre (válvula com filamento só de Tungstênio). Notará que quando é aplicada à grade uma tensão maior que 4 volts positivos, a corrente de placa quase não aumenta, devido à limitada emissão eletrônica.

Retornando à experiência da figura 6, cujo gráfico está ilustrado na figura 7, notamos que neste caso um pequeno *aumento ou diminuição da tensão aplicada à grade produz uma variação considerável na corrente de placa*. Em outras palavras, a grade é sumamente sensível a qualquer variação de tensão por pequena que seja; isto é devido às características de amplificação da válvula triodo, descobertas pelo Dr. Lee De Forest.

Isto se torna mais notório comparando às variações da corrente de placa, devido às variações da tensão de placa; em tabela anterior demos as variações da corrente de placa como consequência das variações da tensão de grade.

Por exemplo, *uma variação da tensão de placa de 20 volts* (de 20 a 40), só produzirá *uma variação da corrente de placa de 1,5 a 3,4 miliampères*, isto é, somente uma variação de 1,9 miliampère (vide a primeira tabela correspondente à figura 3).

No gráfico da figura 8 vemos que é só variar a tensão de grade de -3 volts a *ZERO* volt, e a corrente de placa varia entre 5,5 e 18,25 miliampères, isto é, uma variação de 12,75 miliampères por uma variação de tensão de grade de apenas 3 volts.

Por esta razão, qualquer tensão de sinal aplicada à grade, por mais fraca que seja, é capaz de produzir uma variação considerável na corrente de placa, amplificando dessa forma a intensidade do sinal presente no circuito de grade.

Comparando os gráficos das figuras 7 e 8 notamos que só uma seção da tensão de grade-corrente de placa é reta; nas extremidades desta, a curva é demasiadamente pronunciada.

Esta seção reta da representação gráfica dos valores de grade e da corrente de placa é conhecida como *seção reta da curva de características*; dentro desta seção do gráfico devem estar incluídos os valores da tensão de grade (fixos ou de sinal) quando desejamos que a válvula funcione como um bom amplificador de sinais.

Por exemplo, no caso da válvula que corresponde ao gráfico da figura 8, só devemos aplicar a esta válvula tensões que façam à grade trabalhar entre -4 volts a +1 volt.

Como o centro da seção reta da curva da válvula geralmente não corresponde ao ponto de zero volt da grade, a tensão normal (fixa) da grade raramente é *ZERO*; por isso, geralmente aplicamos à grade uma tensão fixa ou sem sinal, *ligeiramente negativa*.

A razão pela qual a curva ilustrada no gráfico da figura 8 é demasiadamente pronunciada nas extremidades, é devido

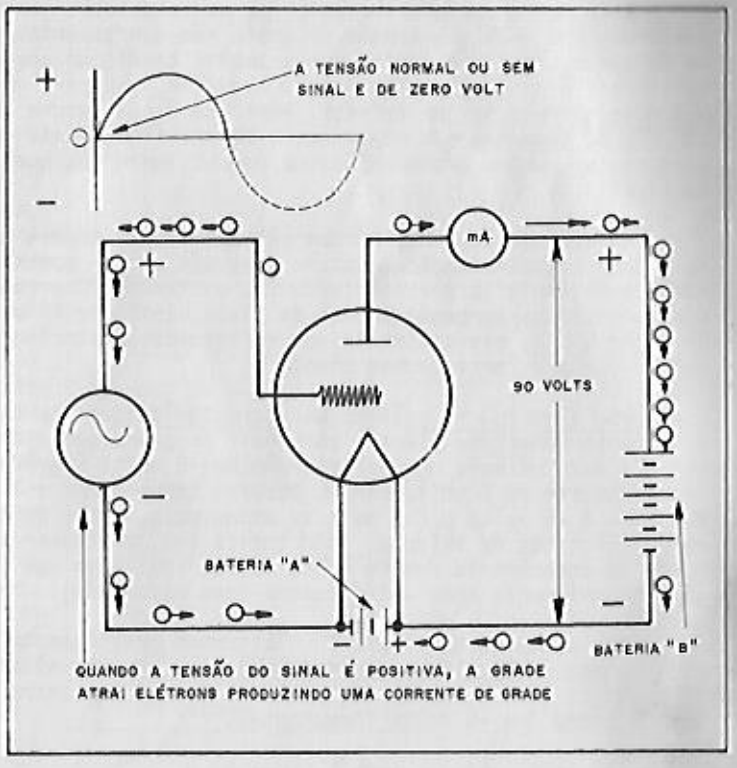


FIGURA 9
QUANDO A TENSÃO DO SINAL É POSITIVA, A GRADE ATRAI ELÉTRONS E É PRODUZIDA UMA CORRENTE DE GRADE

aos defeitos de corte da corrente de placa e à condição em que a válvula alcança o ponto de saturação ou valor máximo da corrente de placa.

Na lição anterior, ao explicar o funcionamento da válvula triodo como amplificadora, usamos um exemplo em que não utilizávamos nenhuma tensão de grade (zero volt de grade quando não há sinal) com a finalidade de simplificar as explicações; contudo, raramente uma grade funcionará sem nenhuma tensão negativa de grade; as razões disso aparecerão no decurso desta lição.

Por exemplo, na figura 9 temos uma válvula amplificadora de sinais funcionando sem nenhuma tensão fixa de grade (a uma tensão normal de zero volt). Suponhamos que a tensão (representada pelo gerador de C.A.) do sinal aplicada à grade varia entre 0 e +3 volts na alternação positiva entre 0 e -3 volts na alternação negativa. Sob estas condições (figura 9), nos instantes em que a tensão do sinal tornar positiva a grade, esta atrairá também elétrons, produzindo não somente um aumento na corrente de placa, mas também uma *corrente de grade*; esta corrente é indesejável na maioria dos casos pois *produz uma perda* de energia do sinal, porque onde há corrente de elétrons tem que haver transformação da energia que produz esse movimento. Isto quer dizer que a tensão do sinal estaria se desperdiçando em forma de uma corrente de grade; e como a energia do sinal é geralmente muito fraca, esta corrente de grade *não deve ser tolerada*.

Além desta razão principal, há outro detalhe de grande importância: o ponto de *ZERO* volt da tensão de grade não corresponde ao centro da seção reta da curva; isto nos indica que a amplificação não seria satisfatória se não aplicarmos à grade uma polarização negativa fixa para evitar que ela se torne positiva em relação ao emissor. Por isso é que sempre lhe aplicamos uma *tensão normal ligeiramente negativa*, e de uma intensidade suficientemente grande para evitar que a grade se torne positiva em qualquer instante da tensão do sinal.

Ao aplicar à grade de uma válvula amplificadora uma tensão ligeiramente negativa (polarização negativa de grade), não somente conservamos as boas qualidades amplificadoras da válvula, evitando a corrente de grade, como também reduzimos a corrente normal da placa. Isto significa uma economia de grande importância, especialmente nos receptores à bateria, porque a corrente normal da placa é corrente sem sinal.

Por exemplo, no gráfico das características da figura 7 observamos que a corrente normal de placa a zero volt de grade seria de 10 miliampères; aplicando a esta válvula uma polarização de -5 volts à grade, a corrente de placa seria somente de 7 miliampères. Observe também que a linha vertical que corresponde a -5 volts passa mais ou menos pelo centro da seção reta da curva de características da válvula; isto indica que qualquer variação da tensão de grade se encontraria dentro desta seção, indicando que a válvula funcionaria satisfatoriamente como aplificadora (sem distorção).

Por exemplo, na figura 10 ilustramos graficamente o que sucederia se aplicássemos à válvula uma polarização fixa de -5 volts e uma tensão de sinal de 5 volts, isto é, um sinal cuja tensão variasse entre 0 e +5 volts (positivos) e entre 0 e -5 volts (negativos).

Nos instantes em que a tensão do sinal for zero (figura 10A), a grade terá -5 volts fornecidos pela bateria C porque neste instante não aparece nenhuma tensão através do enrolamento secundário. Sob estas condições, a corrente normal de placa será de 7 miliampères.

Contudo, no instante em que a tensão do sinal corresponder ao valor máximo de +5 volts, a tensão total aplicada à grade neste instante será o resultado da mistura (soma) dos -5 volts da polarização fixa ao +5 volts do sinal (figura 10B); esta tensão total é zero volt, isto é, -5 + 5 = 0.

A razão disto é que como a tensão é realmente um potencial, quando adicionamos duas tensões de polaridade oposta, a tensão resultante será igual à diferença entre as duas tensões, predominando sempre o potencial maior (em aritmética esta adição se chama *soma algébrica*).

Como neste caso a intensidade da tensão fixa aplicada à grade é igual à tensão instantânea positiva do sinal (em amplitude, mas de sinal contrário), a tensão positiva do sinal *neutraliza* instantaneamente a tensão fixa negativa tornando zero a tensão instantânea total da grade, e fazendo, consequentemente com que a corrente de placa aumente para 10 miliampères.

Em outros termos, como a tensão instantânea do sinal é igual em amplitude à tensão da polarização negativa, mas de polarização oposta, ambas as tensões se neutralizam e a tensão resultante é *ZERO* neste instante, como

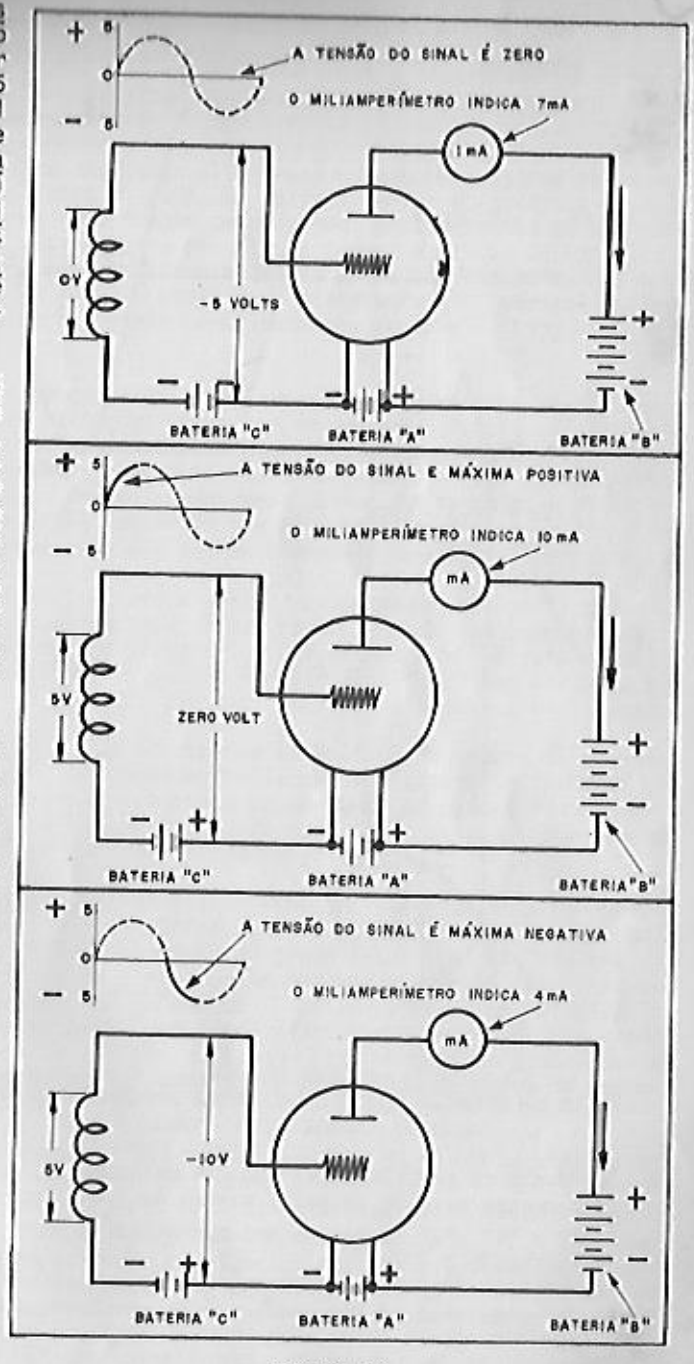


FIGURA 10
A TENSÃO DO SINAL PRODUZ VARIAÇÕES INSTANTÂNEAS NA TENSÃO FIXA (NORMAL) DA GRADE

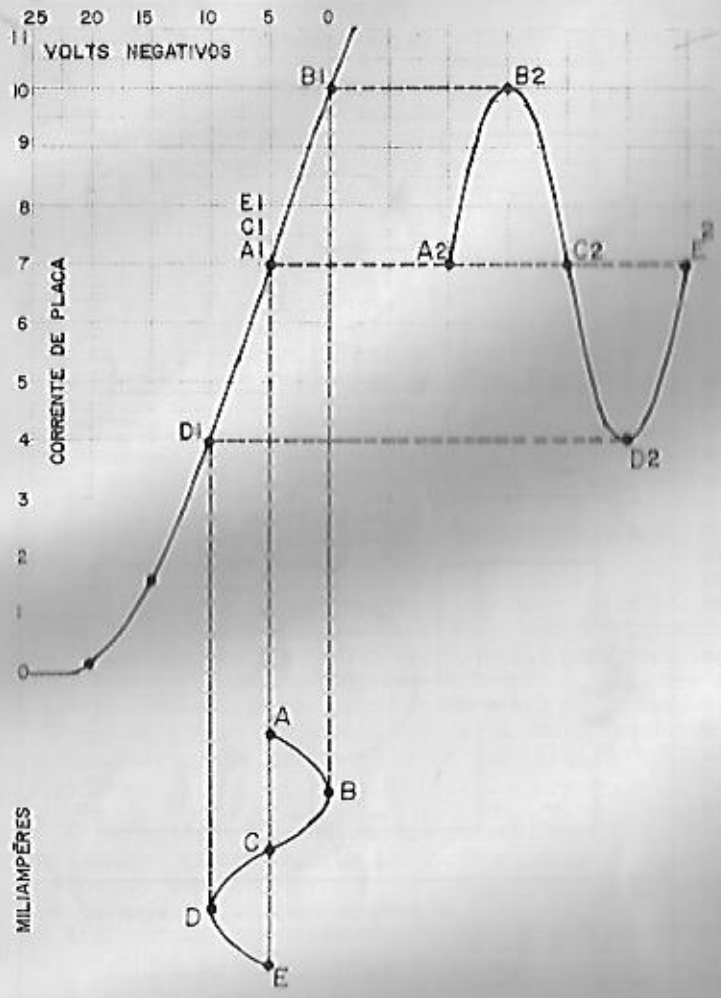


FIGURA 11
GRÁFICO DA RELAÇÃO ENTRE AS TENSÕES INSTANTÂNEAS DE GRADE E A CORRENTE DE PLACA

mostra graficamente a figura 11.

No instante em que a tensão do sinal alcança o valor máximo de -5 volts, o que sucede é que a tensão do sinal e a polarização se adicionam, mas desta vez ambas as tensões exercem uma força na mesma direção; portanto, são somadas e a tensão total instantânea é de -10 volts, ou seja -5 + (-5) = -10 .

Na realidade, o que sucede quando somamos duas tensões de igual polaridade é exatamente igual ao que sucede quando ligamos duas pilhas em série; já que a força eletromotriz é numa mesma direção, a tensão total é igual à soma das duas tensões, onde notamos que a tensão total aplicada à grade é igual a -10 volts. Note também que, neste caso, a tensão desenvolvida no secundário pode ser considerada como a de outra pilha em série com o circuito de grade. Por este motivo, nesse instante a tensão fixa negativa de grade aumenta de seu valor normal e a corrente de placa diminui para 4 miliampères, ou seja, uma redução de 3 miliampères em relação ao valor normal de 7 miliampères.

Aplicando à grade uma polarização negativa em relação ao filamento emissor de elétrons, evitamos que seja produzida uma corrente de elétrons através do circuito de grade, além de conservar as boas qualidades amplificadoras das válvulas.

Apesar da finalidade principal desta lição não ser a de explicar em detalhes o funcionamento da válvula como amplificadora (figura 11), incluímos uma ilustração que corresponde à explicação gráfica do funcionamento da válvula

dada na lição anterior.

Na lição A-3 encontramos explicações referentes à interpretação gráfica do funcionamento de uma válvula como amplificadora; por esta razão é conveniente que o aluno estude estas três lições como se fossem uma única lição.

Observe que no gráfico da figura 11 temos a tensão do sinal aplicada à grade representada pela forma de onda na parte inferior do gráfico, de tal forma que a tensão normal que também corresponde aos instantes em que não há tensão do sinal, está representada pela linha grossa vertical de -5 volts. As variações (picos) da tensão à direita desta linha correspondem aos instantes em que a tensão do sinal é positiva, enquanto que as variações (fundos) à esquerda da linha correspondem aos instantes em que a tensão do sinal é negativa.

Na parte superior, e partindo da linha grossa que representa *zero corrente de placa*, ilustramos as variações ou o que sucede no circuito de placa. A seção reta da curva é obtida neste caso da mesma forma que no exemplo da figura 7, isto é, aplicando várias tensões fixas à grade; e esta parte é mais uma repetição ou reprodução de uma seção dessa curva. Neste caso, a linha de tensão normal ou sem sinal (-5 volts) se cruza com a seção reta na linha de 7 miliampères, indicando que esta é a corrente normal (sem sinal) de placa.

Mesmo que no princípio lhe pareça difícil compreender o significado deste gráfico, é conveniente que repasse várias vezes estas explicações, pois uma curva desta categoria permite ilustrar o que sucede numa válvula em qualquer instante do ciclo do sinal, o que não é muito fácil explicar por meio de palavras, pois teríamos que escrever páginas inteiras para uma só explicação.

Pela informação representada à esquerda do gráfico da figura 11 podemos facilmente saber os valores da corrente de placa em qualquer instante do ciclo da tensão do sinal, ou traçar a forma da corrente de placa. Para isso, basta traçar as linhas, que elas nos indicarão qual será o valor da corrente de placa correspondente à determinada tensão de grade.

Por exemplo, suponhamos que não existe ainda a forma de onda da corrente de placa e a desejamos traçar. Iniciaremos traçando uma linha reta desde abaixo do ponto "A" da curva de tensão de grade (-5 volts) até que ela se cruze com a curva da corrente de placa-tensão de grade; neste caso particular ela corresponde ao ponto "A_1" (linha de 7 miliampères). Na referida linha podemos escolher qualquer ponto que será o princípio da curva que representará a corrente de placa em relação à tensão instantânea da grade. Neste exemplo, ficou escolhido o ponto "A_2" como ponto de partida da curva da corrente de placa.

Depois traçaremos o ponto "B", isto é, quando a tensão do sinal aplicada à grade faz variar a *tensão fixa* (normal) de grade de -5 volts a zero volt. Ligamos o ponto "B" como o ponto "B_1" (10 miliampères) e deste ao ponto "B_2". Depois repetimos o mesmo procedimento com os pontos "C", "D" e "E"

Notaremos que na curva da tensão de grade-corrente de placa, o ponto que corresponde a -5 volts negativos e 7 miliampères está marcado com as letras "A_1", "C_1" e "E_1"; isto acontece porque este mesmo ponto serve para ligar os pontos "A", "C" e "E" da curva tensão de grade com os pontos "A_2", "C_2" e "E_2" da curva corrente de placa.

Todos os pontos marcados à direita da curva tensão de grade-corrente

de placa são unidos cuidadosamente para obtermos a curva desejada. Desta forma obtemos a curva completa da corrente de placa que aparece na figura 11. Em outras palavras, a figura 11 é uma representação gráfica das condições que indicamos nas três etapas da figura 10.

A vantagem que proporcionam as curvas de funcionamento de uma válvula são praticamente exclusivas, porque na prática seria impossível tomar leitura da corrente de placa num determinado instante, pois as variações são tão rápidas que nem a vista humana e nem o mecanismo do miliamperímetro poderiam indicar exatamente qual o valor instantâneo da corrente de placa. O que em realidade fazemos destas curvas é obter os valores da corrente de placa aplicando diversos valores de tensão fixa de grade a uma válvula, e utilizar o gráfico traçado com essa informação para determinar os valores instantâneos da corrente de placa correspondentes aos valores instantâneos da tensão do sinal.

Se compararmos as explicações técnicas referentes à figura 10 com a representação gráfica da figura 11, pouco a pouco encontraremos similaridade entre as figuras e as explicações; e finalmente poderá descobrir o funcionamento de uma válvula simplesmente vendo o gráfico. Quando formos capaz de só ver o gráfico e saber determinar rapidamente as características da referida válvula, já teremos assegurado, em parte, grande êxito ao nosso estudo, os melhores livros e revistas técnicas de eletrônica não descrevem o funcionamento de uma válvula com palavras, mas por meio de gráficos que incluem o funcionamento da válvula em *qualquer instante do ciclo*. Por isso, devemos repassar estas lições sobre válvulas eletrônicas até haver entendido perfeitamente o que os gráficos representam. Além disso, em lições seguintes encontraremos explicações adicionais e outros exemplos de gráficos que nos ajudarão a ampliar nossos conhecimentos a este respeito.

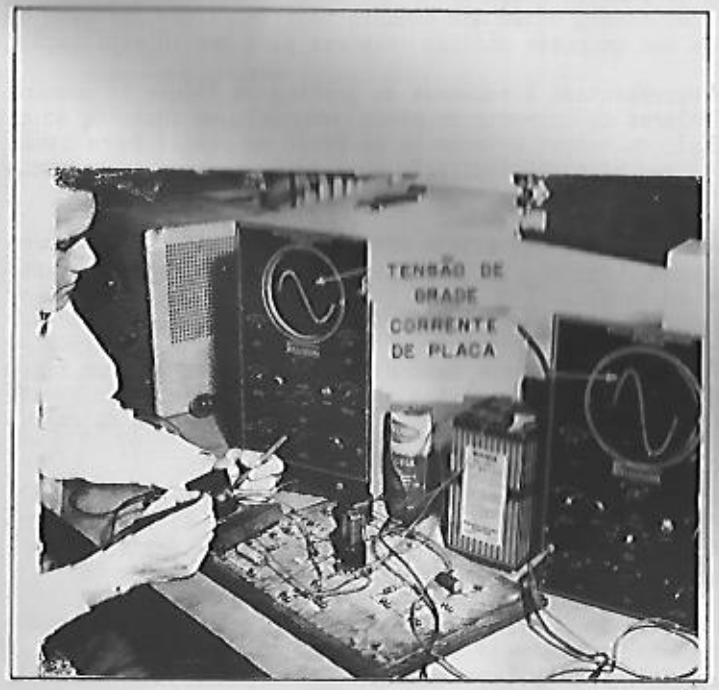


FIGURA 12
OSCILOSCÓPIOS UTILIZADOS PARA COMPARAR AS FORMAS DE ONDAS DA TENSÃO DE GRADE E DA CORRENTE DE PLACA

Mesmo que não possamos ler praticamente o valor instantâneo de uma tensão da corrente alternada por meio de um voltímetro comum, é possível deduzí-lo pela informação gráfica que representa a forma de onda de qualquer tensão; contudo, o valor instantâneo de uma tensão de corrente alternada pode ser visto com o auxílio de um aparelho de teste chamado osciloscópio, capaz de projetar numa tela (cinescópio) uma forma de onda ligada a seus terminais.

Por exemplo, na figura 12 mostramos o modo de utilizar dois osciloscópios para comparar as formas de onda da tensão aplicada à grade, com as variações de corrente que aparecem no circuito de placa de uma válvula amplificadora. Neste caso, um osciloscópio está ligado ao circuito de grade e o outro aos terminais do circuito de placa onde é desenvolvida uma tensão como consequência das variações da corrente de placa. O osciloscópio é um magnífico meio para comprovar as teorias de funcionamento dos aparelhos eletrônicos.

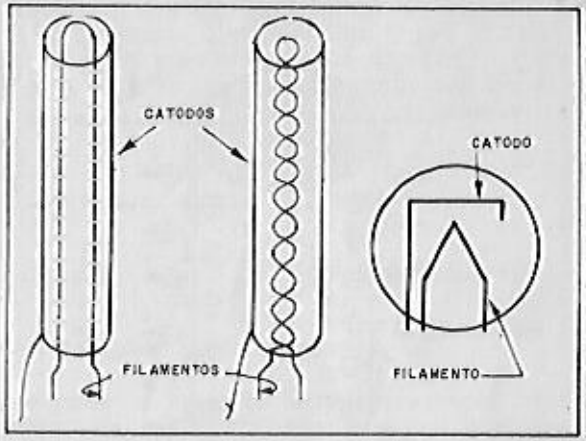


FIGURA 13
CONSTRUÇÃO DE UM FILAMENTO DO TIPO DE AQUECIMENTO INDIRETO

Pelos conhecimentos adquiridos, concluimos que as tensões normais de polarização de uma válvula são fatores que devemos *levar muito em conta* quando desenhamos ou construimos um circuito, já que delas depende em grande parte a eficiência da válvula e, portanto, o funcionamento completo do aparelho. Além disso, para designarmos as tensões corretas aos diversos elementos de uma válvula não é necessário experimentar diversos valores, pois os engenheiros da indústria eletrônica já fizeram experiências e forneceram seus resultados na forma de gráficos, ou simplesmente indicam a tensão que deve ser aplicada aos diversos elementos quando desejamos que uma determinada válvula realize determinada função.

VÁLVULA DE AQUECIMENTO INDIRETO

Com a grande expansão e distribuição da C.A. para todo e qualquer lugar, e a rápida substituição dos rádios-receptores a válvulas alimentadas por bateria pelos receptores transistorizados portáteis, a indústria eletrônica precisou desenhar novos tipos de válvulas capazes de funcionar com o filamento alimentado pela tensão de C.A., ao invés de uma bateria especial para esta finalidade.

Mas para que não houvesse a interferência de C.A., (com frequência de 50 ou 60 Hertz) no receptor, os engenheiros eletrônicos colocaram mais um eletrodo na válvula para receber só calefação (aquecimento) do filamento: o novo eletrodo teve o nome de *CATODO* e a válvula o de *AQUECIMENTO INDIRETO* (figura 13).

A figura 13 mostra o filamento colocado no interior de um pequeno cilindro metálico (catodo) e eletricamente isolado dele; contudo, o filamento está a uma diminuta distância para que o seu calor aqueça o catodo e este possa emitir elétrons.

Nestas válvulas de aquecimento indireto, o catodo é coberto com óxidos de Bário e Estrôncio para ativar mais a emissão eletrônica (figura 14). Ape

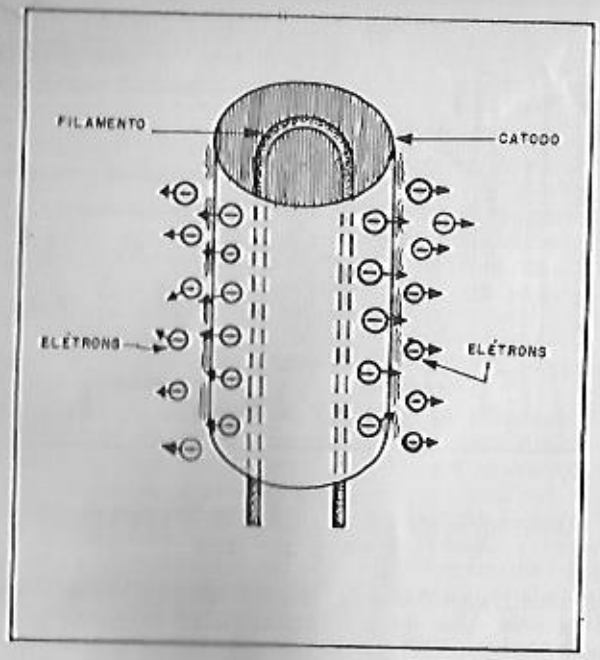


FIGURA 14
EMISSÃO ELETRÔNICA PRODUZIDA PELO CATODO

sar de que nesta válvula o filamento também emite elétrons, só o catodo é considerado como o elemento emissor; a finalidade única no filamento é aquecer o catodo.

Com o tipo de aquecimento indireto evitamos que o filamento tenha ligação direta com o resto do circuito, e que as variações instantâneas da temperatura produzida pela corrente alternada do filamento não afetem em absoluto a emissão de elétrons do catodo.

Apesar da válvula possuir um eletrodo extra, ela continua a ser chamada *triodo*, pois consideramos o filamento neste caso como parte do emissor de elétrons (catodo). Há triodo de aquecimento direto (sem catodo) e triodo de aquecimento indireto (com catodo).

A figura 15 mostra que o filamento está totalmente isolado do resto dos circuitos e que ele não tem nada a ver com a corrente eletrônica através da válvula. Note que neste tipo de válvula, o lado negativo da fonte de potencial de placa é ligado ao catodo. Além disso, a polarização negativa para a grade desta válvula é aplicada entre o catodo e a grade, pois o catodo é o emissor de elétrons. Tenha presente que numa válvula de aquecimento indireto, a tensão de placa é a diferença de potencial que há entre a placa e o catodo, e a tensão negativa de grade é a diferença de potencial entre a grade e o catodo (tensão negativa).

Como as válvulas de aquecimento indireto apresentam todas estas vantagens descritas anteriormente, elas ganharam tal popularidade que atualmente a maioria das válvulas utilizadas nos aparelhos eletrônicos são do tipo de aquecimento indireto; as válvulas de filamento emissor (aquecimento direto) eram utilizadas em receptores à bateria, onde não se apresentava o problema da tensão da corrente alternada no filamento.

Uma das primeiras válvulas de aquecimento indireto fabricadas foi a válvula 27, cuja construção e aparência mostramos na figura 16; as suas características são as seguintes:

Tensão de filamento	2,5 volts de C.A. ou de C.C.
Corrente de filamento	1,75 ampère
Tensão de placa	90 a 180 volts
Corrente de placa	2,7 a 5 miliampères
Tensão de grade	-6 a -13,5 volts

Um tipo de válvula de construção e aplicação similar a antiga 27 é a válvula 6J5 cuja aparência exterior mostramos à esquerda da figura 17. No centro desta mesma figura mostramos a construção interna e à direita, o símbolo correspondente a esta válvula. As características gerais desta 6J5 são as seguintes:

Tensão de filamento	6,3 volts de C.A. de C.C.
Corrente de filamento	0,3 ampère
Tensão de placa	90 a 250 volts
Corrente de placa	1,4 a 9 miliampères

POLARIZAÇÃO NEGATIVA EM VÁLVULA DE AQUECIMENTO INDIRETO

A figura 18 mostra que para obter a polarização negativa basta interca lar um resistor em série com o circuito de catodo da válvula e o lado negativo da bateria que fornece a tensão de placa.

Neste caso, a corrente de elétrons proveniente da placa regressa ao ponto de origem (catodo) através do resistor intercalado no catodo, produzindo uma queda de tensão entre suas extremidades de tal forma que torna negativa a extremidade inferior em relação à extremidade superior. Portanto, se a grade for ligada ao lado negativo do resistor, esta adquirirá uma tensão negativa *em relação ao catodo* (emissor), igual à queda de tensão através do resistor. A diferença de potencial entre a grade e o catodo dependerá também, neste caso, do valor em ohms do resistor e da intensidade da corrente de placa da válvula.

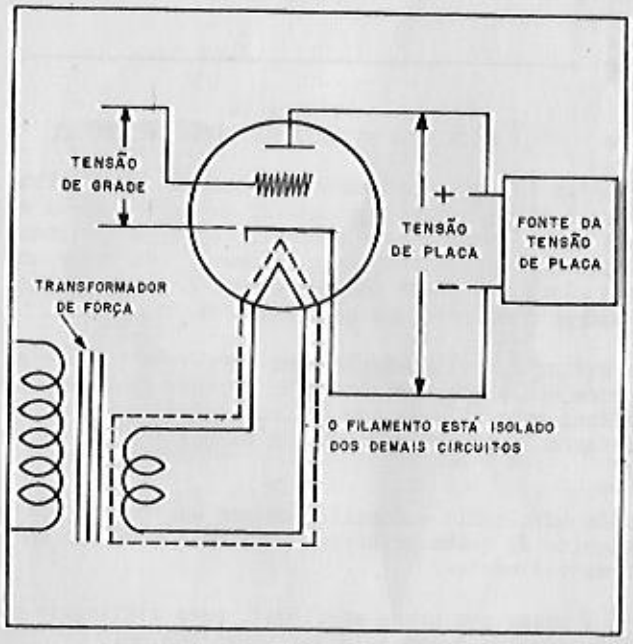


FIGURA 15
NUMA VÁLVULA DE AQUECIMENTO INDIRETO, O FILAMENTO ESTÁ TOTALMENTE ISOLADO DOS OUTROS CIRCUITOS

Para calcular a polarização negativa de grade basta aplicar a Lei de Ohm (R = E ÷ I), que nos dará o valor que deve ter o resistor para produzir a diferença de potencial desejada. Por exemplo, suponhamos que desejamos uma polarização negativa para a grade de 4 volts, e as características da válvula nos indicam que ela consome uma corrente de placa de 5 miliampères, que passam pelo resistor de regresso ao catodo. Com estes dois valores e aplicando a fórmula teremos:

R = E ÷ I;
R = 4 ÷ 0,005 = 800 ohms

Isto é, para obter uma diferença de tensão de 4 volts, será necessário um resistor de 800 ohms quando a corrente é de 5 miliampères.

Mediante este sistema não será necessário utilizar bateria extra para a polarização negativa, pois os mesmos resultados são obtidos com a corrente de placa. Este tipo de polarização recebeu o nome de *polarização automática ou auto polarização*.

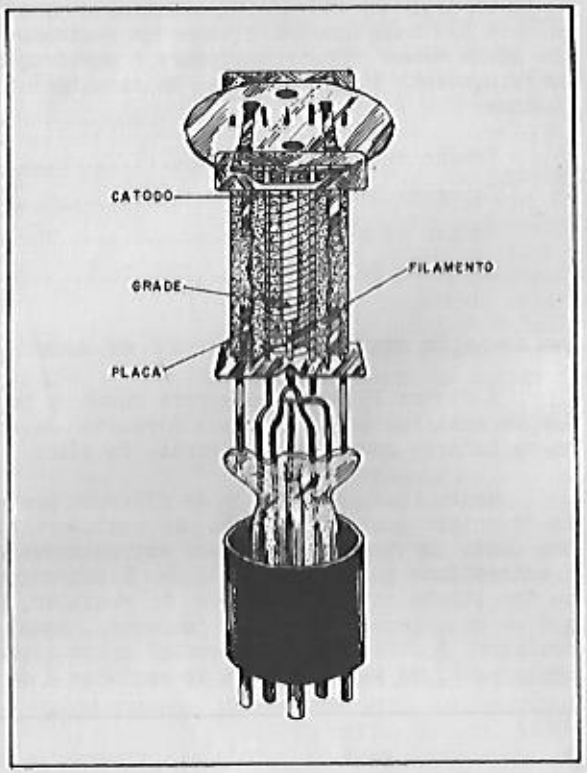


FIGURA 16
CONSTRUÇÃO INTERNA DA VÁLVULA TIPO 27

VÁLVULA COM GRADE AUXILIAR

O lento aperfeiçoamento da válvula triodo original, deu início a outros eletrodos na válvula; estes eletrodos não desempenham uma função fundamental, porém servem para eliminar certos defeitos que a válvula triodo apresenta, contribuindo para tornar seu funcionamento mais eficiente.

Por exemplo, uma das principais desvantagens das válvulas triodos é que a pouca separação entre a grade e a placa faz com que em alguns casos, especialmente quando a válvula era empregada como amplificadora dos sinais de R.F., parte das tensões do sinal que aparecem no circuito de placa regressavam à grade produzindo oscilações; para evitá-las foi preciso usar circuitos especiais. Esta realimentação do sinal de placa à grade é devida ao *efeito de capacitância* entre estes dois eletrodos; pois como a separação é diminuta, os dois eletrodos atuam como as placas de um capacitor, produzindo este fenômeno. É de supor que aumentando a separação entre a placa e a grade podemos evitar a realimentação, contudo isto irá sacrificar outras condições que são altamente desejáveis.

Por estas razões, para evitar a realimentação como consequência do efeito de capacitância entre a grade e a placa, foi incluído um *novo eletrodo* que recebeu o nome de *grade auxiliar*; esta válvula com quatro eletrodos recebeu o nome de *válvula tetrodo*. A figura 19 mostra a colocação da grade auxiliar em relação aos demais eletrodos.

Este novo eletrodo (grade adicional) é constituído por um fio de molibdênio enrolado em espiral em volta da grade principal e uma tela metálica colocada em volta da placa em forma cilíndrica.

Como nestas válvulas já é usada uma grade adicional, para distinguir as funções desta nova grade das funções da grade original inventada pelo Dr. Lee De Forest, a *grade original* recebeu o nome de *grade de controle* porque sua finalidade é controlar a intensidade de corrente de placa e não eliminar inconvenientes, como a *grade auxiliar* cujo nome já indica sua função.

A grade auxiliar interior colocada entre a grade de contrôle e a placa consiste de poucas espiras de fio em forma espiral; sua colocação não impede a passagem da corrente eletrônica. A grade auxiliar exterior usada em alguns casos, consiste de uma tela metálica que envolve exteriormente a placa e que atua como uma blindagem eletrostática. Tanto a grade auxiliar interior como a grade auxiliar exterior estão eletricamente unidas e ligadas ao mesmo terminal. O modo mais usado para se ligar uma válvula tetrodo é o indicado na figura 20.

FUNCIONAMENTO DA VÁLVULA COM GRADE AUXILIAR

Como mencionamos anteriormente, uma das principais desvantagens do triodo é que os sinais que aparecem na placa, em alguns casos são realimentados à grade pelo efeito de capacitância entre os dois eletrodos por causa da pouca separação entre eles. Este efeito de capacitância é muito relevante em sinais de alta frequência, pois a reatância capacitiva diminui à medida que aumenta a frequência.

Mediante o uso da grade auxiliar é possível aumentar a separação entre a grade e a placa sem diminuir a amplificação da válvula. Como mostra a figura 20, a grade auxiliar está ligada a uma tensão positiva porque a anterior atua como uma aceleradora de elétrons, reduzindo os efeitos de separação entre os eletrodos. Nesta grade os elétrons sempre encontram passagem fácil para a placa, pois primeiramente são atraídos pela grade auxiliar interior, contudo, logo que chegam continuam para a placa porque ela tem *potencial positivo mais alto*. (Além disso a grade auxiliar interior atua como blindagem entre a grade e a placa, evitando a realimentação).

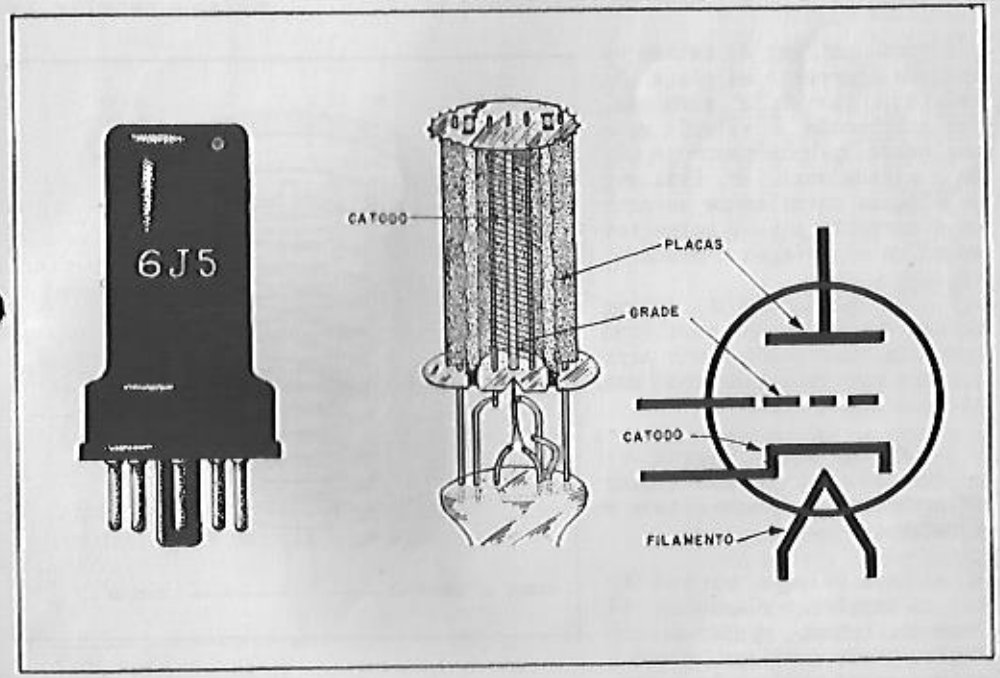


FIGURA 17
APARÊNCIA EXTERIOR, INTERIOR E SÍMBOLO DA VÁLVULA TIPO 6J5 COM BULBO METÁLICO

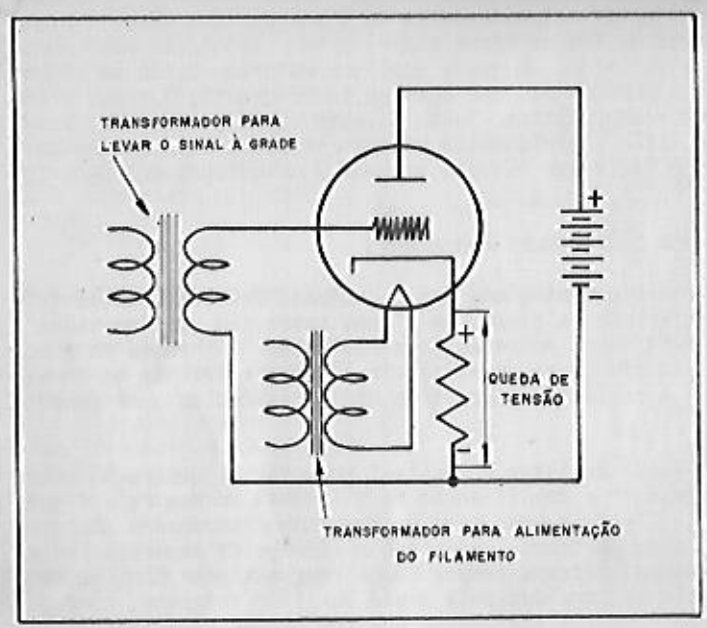


FIGURA 18
CIRCUITO QUE MOSTRA A FORMA DE OBTER A POLARIZAÇÃO AUTOMÁTICA NAS VÁLVULAS DE AQUECIMENTO INDIRETO

Com o aparecimento do tetrodo, conforme foi dito, eliminou-se o inconveniente da realimentação de sinal à grade pelo efeito de capacitancia entre ela e a placa.

Entretanto, um outro efeito indesejável aparece neste tipo de válvula: devido à aceleração adicional que os elétrons sofrem com a polarização positiva da grade auxiliar, eles ganham uma energia muito grande e ao se chocarem com a placa podem arrancar elétrons dela. Estes elétrons arrancados formam uma nuvem próxima à placa e como eles possuem carga elétrica negativa, passam a repelir os elétrons que vem do catodo reduzindo a corrente de placa. Para minimizar este ploblema, foi adicionado à válvula mais uma grade, colocada entre a placa e a grade auxiliar. Esta grade é ligada normalmente ao catodo e portanto possue potencial negativo em relação à placa.

Os elétrons da nuvem passam então a ser repelidos por esta nova grade e vão para a placa que está exercendo uma atração sobre eles.

Muitas vezes, neste tipo de válvula, já vem ligado internamente a grade citada e o catodo.

Esta válvula possue então os seguintes elementos: filamento, catodo, grade de controle, grade auxiliar, placa e a nova grade que recebe o nome de grade supressora, e por ter 5 elementos ela recebe o nome de pentodo.

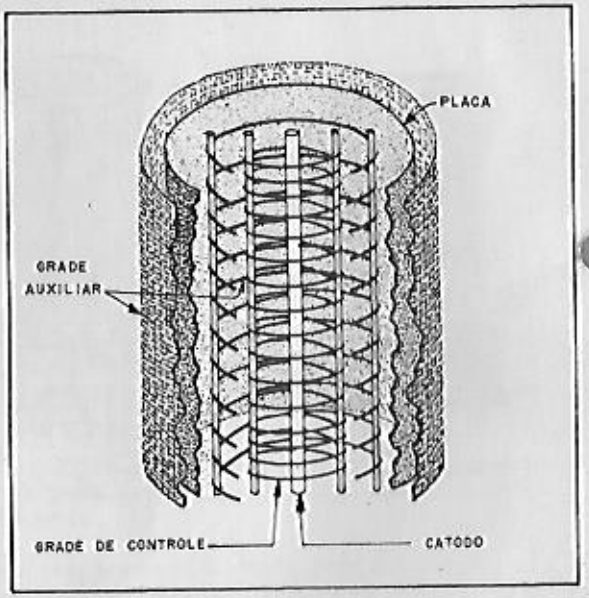


FIGURA 19
DETALHES DE CONSTRUÇÃO INTERNA DE UMA VÁLVULA COM GRADE AUXILIAR

Seu símbolo é o mostrado na figura 21, onde à esquerda se representa o tipo em que o catodo e a grade supressora são ligados internamente à válvula, e à direita onde os dois eletrodos estão ligados separadamente a pinos distintos de ligação no soquete.

VÁLVULAS DIODO, RETIFICADORAS DE C.A.

Como explicamos na lição anterior, alguns tipos de válvulas diodo são utilizadas para retificar as altas tensões da C.A. do enrolamento secundário do transformador de força e obter uma fonte de C. C. (para substituir as baterias). Esta corrente retificada pelo diodo é utilizada para fornecer a tensão aos circuitos de placa e grade, razão pela qual mediante este sistema de retificação podemos eliminar o uso das baterias.

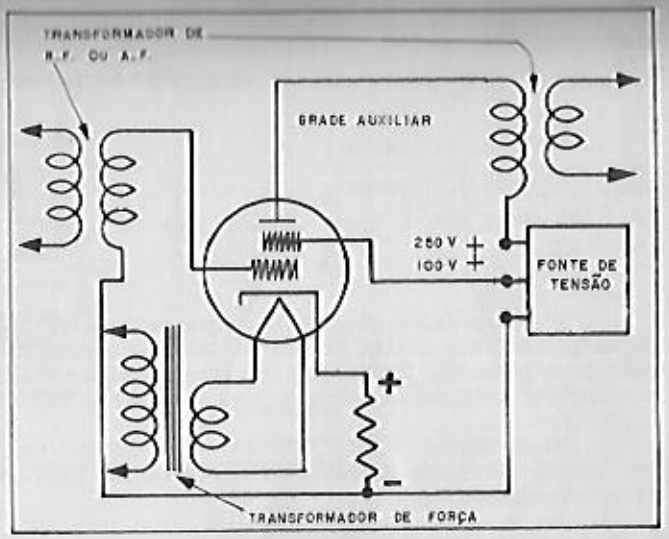


FIGURA 20
LIGAÇÕES DE UMA VÁLVULA COM GRADE AUXILIAR

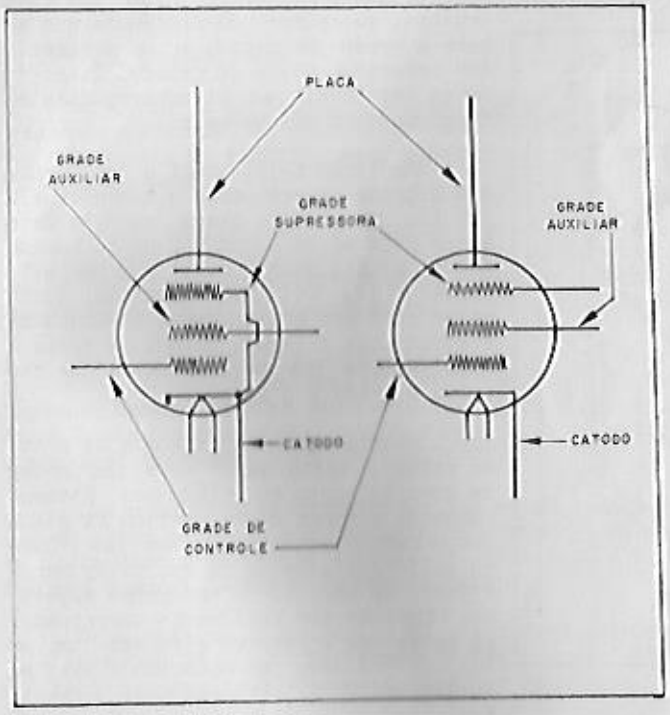


FIGURA 21
SÍMBOLOS DO PENTODO

Uma das primeiras válvulas diodo utilizadas para retificar a C. A. foi a válvula 80, cuja construção, aparencia exterior e símbolo mostramos na figura 22. Nesta figura vemos que esta válvula consiste realmente de duas válvulas diodo dentro do mesmo bulbo, e que utiliza o mesmo filamento como emissor de elétrons e duas placas colocadas ao redor de cada seção do filamento. A razão desta válvula ter duas

placas em lugar de uma, é que cada placa retifica *meio ciclo* de C.A., conforme explicaremos em lição mais avançada do nosso Curso.

As características gerais da válvula 80 são as seguintes:

Tensão de filamento	5 volts
Corrente de filamento	2 ampères
Corrente máxima que a válvula pode fornecer	125 miliampères
Tensão máxima de C.A. aplicável às placas	500 volts

Por estes dados observaremos que esta válvula é capaz de fornecer uma corrente contínua máxima de 125 miliampères; esta corrente é mais que suficiente para alimentar todos os circuitos de placa e grade auxiliar de um receptor, pois o consumo de corrente (em geral) não vai além de 90 miliampères.

CARACTERÍSTICAS ESTÁTICAS DAS VÁLVULAS - Existe no mercado hoje em dia uma grande variedade de válvulas eletrônicas. Cada uma delas possui suas próprias características.

Se um determinado triodo usado num circuito para desempenhar uma certa função falhar, ele não pode ser substituído por qualquer outro triodo. Em 99% dos casos, ele precisa ser substituído por outro idêntico.

A diferença básica entre as válvulas consiste na forma como são construídas, ou melhor, da distância que separa a grade do catodo e da distância que separa a placa do catodo. Estes fatores determinam as características de funcionamento das válvulas.

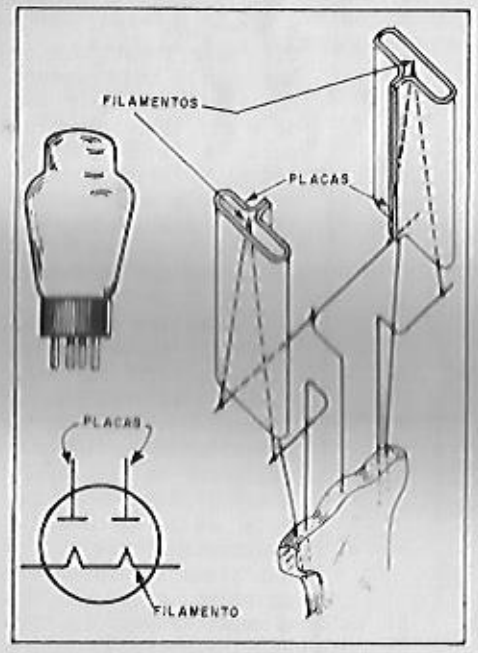


FIGURA 22
CONSTRUÇÃO, SÍMBOLO E APARÊNCIA EXTERIOR DA VÁLVULA 80.

Na lição E-19, vimos a influência que a grade exerce sobre a corrente eletrônica na válvula graças ao fato dela estar próxima do catodo. O mesmo sucede com a placa; quanto mais próxima estiver a placa situada do catodo, tanto maior será seu efeito sobre o número de elétrons que deixam o catodo. A placa é simplesmente uma peça de metal que circunda a grade e o catodo.

Quanto menor a distância da placa ao catodo, tanto menor será seu poder de atração sobre os elétrons. Podemos comparar o campo eletrostático da placa com o campo magnético de um ímã. Quanto maior a distância do ímã tanto menor a força de atração de seu campo magnético. Isto pode ser facilmente comprovado, se tentarmos atrair um alfinete com um ímã. O ímã deve ser colocado a uma certa distância do alfinete para poder atraí-lo.

No estudo das válvulas eletrônicas

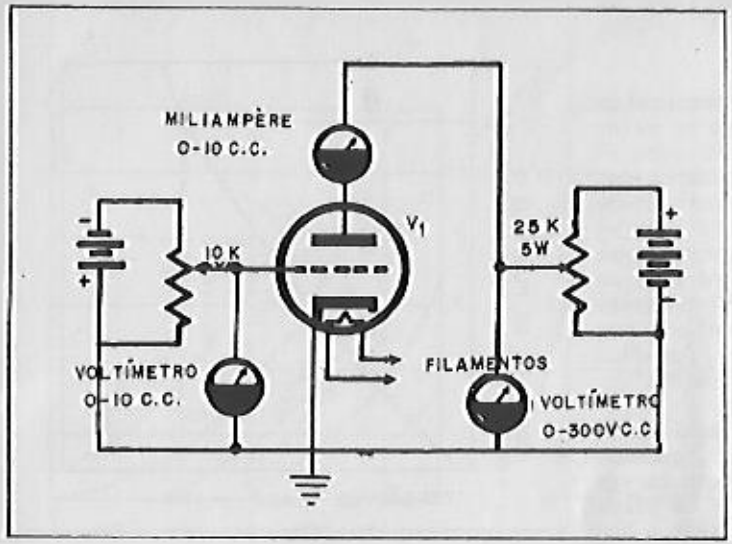


FIGURA 23
CIRCUITO USADO PARA DETERMINAR AS CARACTERÍSTICAS DA VÁLVULA TRIODO

devemos tomar em consideração *três variáveis*: a tensão de placa (E_p), a corrente de placa (I_p) e a tensão de grade (E_g). Estas variáveis são muito importantes ao considerarmos o funcionamento de uma válvula.

A figura 23 ilustra um circuito muito semelhante aos estudos para obter a *curva característica* da válvula triodo, porém, um pouco mais elaborado e que utilizaremos para determinar os valore de cada uma das três variáveis e o comportamento da válvula em cada caso.

No circuito da figura 23, como vemos, somente tensões de C.C. são aplicadas aos eletrodos da válvula triodo. É evidente, portanto, que o circuito não representa um amplificador, uma vez que nenhuma tensão de C.A. está sendo aplicada ao mesmo.

Quando um circuito funciona sob estas condições dizemos que as *características estáticas* da válvula estão sendo estudadas. Se aplicássemos um sinal de C.A. a entrada da válvula e observássemos o mesmo à saida desta, diríamos que as *características dinâmicas* da válvula estavam sendo estudadas.

No estudo das características estáticas da válvula, iria causar confusão se mudássemos os valores das três variáveis ao mesmo tempo, de modo que o lógico é manter uma das variáveis *constante* e mudar os valores das outras duas. Desta forma podemos desenhar uma curva ou gráfico para mostrar a relação entre duas variáveis.

Com o auxílio do circuito da figura 23, vamos supor que mantemos a tensão de grade da válvula V_1 constante, digamos, em *0 volt* e variamos a tensão de placa dentro de certos limites de trabalho. (Tais limites são especificados nos Manuais de Válvulas Eletrônicas).

Para cada valor da tensão de placa registramos um determinado valor para a corrente de placa. Baseando-nos nos valores obtidos, traçamos um gráfico que mostra o valor da corrente de placa para cada valor da tensão de placa. Tal gráfico se denomina Curva E_p x I_p e está ilustrado na figura 24.

Conforme mostra o gráfico da figura 24, quando a tensão de placa é de 150 volts, a corrente de placa é de 10 miliampères para uma tensão de grade de *0 volt*. Se registrarmos todos os valores das correntes de placa para todos

os valores das tensões de placa, teremos o gráfico ilustrado na figura 25.

Podemos agora prepararum novo gráfico mudando o valor da tensão de grade para -1 *volt* e repetindo todos os passos anteriores. Ao invés de desenhar uma curva para cada valor da tensão da grade numa folha de papel em separado, podemos desenhar todas as curvas do mesmo gráfico, conforme mostra a figura 26B. Tal gráfico se chma "*família de curvas*".

Ainda com o auxílio do circuito da figura 23, podemos obter uma outra série de curvas mantendo a tensão de placa constante e variando a tensão de grade. Desta forma, registramos o valor da corrente de placa para cada valor da

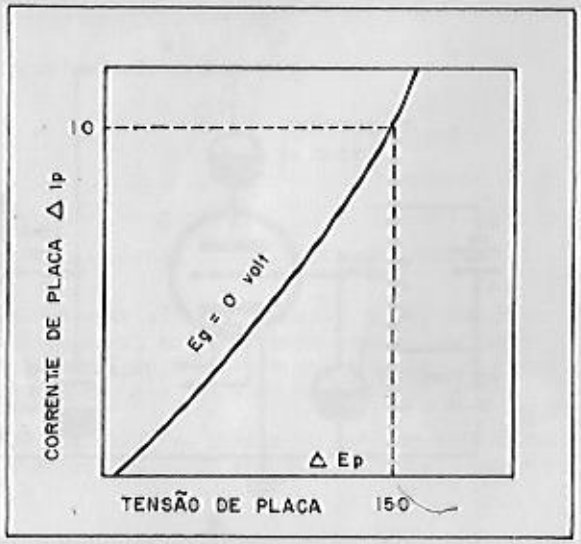


FIGURA 24
A CURVA CARACTERÍSTICA E_p X I_p DE UMA VÁLVULA

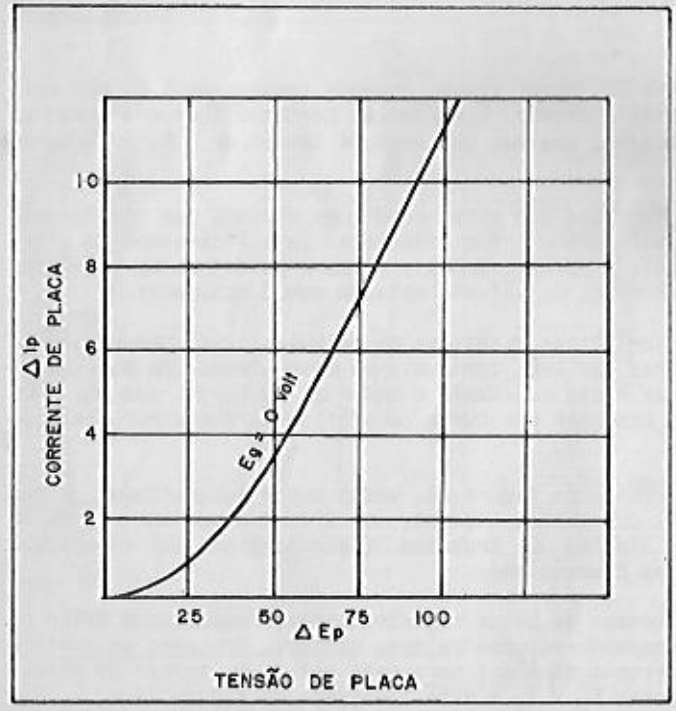


FIGURA 25
A CURVA E_p X I_p COM TODOS OS VALORES COMPUTADOS

tensão de grade. Tal curva recebe o nome de Curva E_g x I_p. A figura 26A mostra uma família de tais curvas, obtidas com o circuito da figura 23.

Poderíamos ainda desenhar um terceiro gráfico, mantendo a corrente de placa constante, e variando a tensão de grade para observar o efeito da tensão de placa ou vice-versa, porém, tais curvas não apresentariam valor no estudo das condições estáticas da válvula. Todas informações que necessitamos são fornecidas pelas duas primeiras curvas.

As curvas características não somente determinam os detalhes de construção e funcionamento da válvula, como também são valiosas na determinação de cer

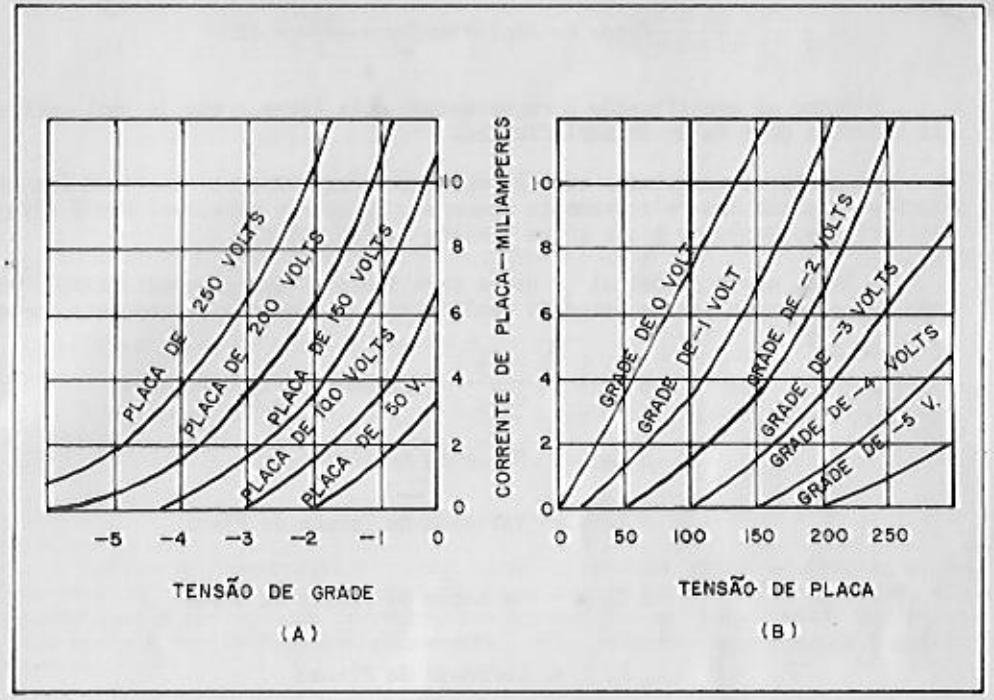


FIGURA 26
FAMILIA DE CURVAS A) E_g x I_p; B) E_p x I_p DE UMA VÁLVULA TRIODO

tas *constantes* da válvula. O *fator de amplificação*, a *transcondutância* e a *resistência interna da placa* podem ser determinadas pelo emprego das curvas características.

FATOR DE AMPLIFICAÇÃO

O *fator de amplificação* de uma válvula é estabelecido pelo grau de influência da grade sobre a corrente. Como elas determinam o valor da corrente de placa na válvula, o fator de amplificação indica especificamente a influência exercida pela grade sobre a corrente de placa em relação à tensão desta placa.

Vamos supor que seja necessário uma variação de *45 volts* na tensão de placa para fazer com que a corrente de placa varie 1 miliampère, ao passo que uma mudança de *3 volts apenas* na tensão de grade produz a mesma variação de *1 miliampère* na corrente de placa. Isto indica que a grade é 15 vezes mais eficiente no controle da corrente de placa que a própria placa da válvula.

O fator de amplificação é expresso pela seguinte equação matemática:

$$\text{Fator de amplificação} = \frac{\text{variação na tensão de placa*}}{\text{variação na tensão de grade}}$$

* *Variação necessária para produzir a mesma variação na corrente de placa.*

No exemplo citado acima, o fator de amplificação da válvula seria:

$$\text{Fator de Amplificação} = \frac{45}{3} = 15$$

O fator de amplificação é representado pela letra grega μ (mi) e não se usa unidades para fator de amplificação.

Os melhores resultados são obtidos quando as mudanças nas tensões de placa e de grade são relativamente pequenas. Em outras palavras, não é desejável variar a tensão de placa entre limites de 200 volts.

A letra grega Δ (delta) é usada para indicar *"uma pequena variação"* de modo que a equação para o fator de amplificação é expressa da seguinte forma:

$$\mu \text{ (mi)} = \frac{\Delta E_p}{\Delta E_g} \quad \text{(mantendo-se } I_p \text{ constante)}$$

μ (mi) = Fator de Amplificação

ΔE_p = Variação da Tensão de Placa

ΔE_g = Variação da Tensão de Grade

I_p = Corrente de Placa

O Fator de Amplificação, como dissemos, pode ser determinado por meio das curvas características. No gráfico da figura 27, a linha pontilhada AB representa uma variação na tensão de grade de 1 volt para uma variação na tensão de placa de 50 volts. Ambas variações ocorrem quando a corrente de placa é de 6 miliampères. Neste caso, o fator de amplificação da válvula é de:

$$\mu = \frac{50}{1} = 50$$

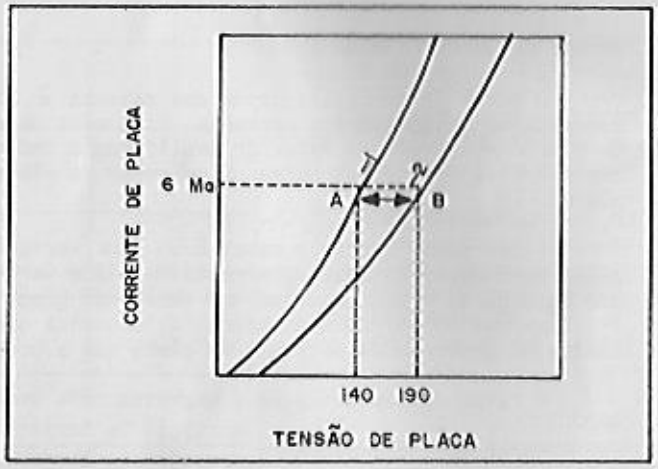


FIGURA 27
DETERMINANDO O FATOR DE AMPLIFICAÇÃO POR MEIO DAS CURVAS CARACTERÍSTICAS

RESISTÊNCIA DE PLACA

Há dois tipos de resistência de placa a tomar em consideração: a resistência à C.C. e a resistência à C.A.

Define-se a resistência de placa de C.C. como sendo a oposição que a válvula oferece ao fluxo da C.C. Determina-se tal resistência dividindo simplesmente a tensão de placa pela corrente de placa, ou seja:

$$\text{Resistência de placa à C.C.} = \frac{\text{Tensão de placa}}{\text{Corrente de placa}}$$

ou

$$R_p = \frac{E_p}{I_p}$$

Define-se a resistência de placa à C.A., ou melhor a oposição que a válvula oferece ao fluxo da corrente de C.A. (corrente do sinal), como sendo a relação entre uma pequena variação na tensão de placa e uma pequena variação na corrente de placa. Matematicamente podemos exprimir esta relação da seguinte maneira:

$$\text{Resistência de placa à C.A. ou } R_p = \frac{\Delta E_p}{\Delta I_p} \quad \text{(mantendo-se a tensão de grade constante)}$$

A resistência de placa à C.A. é também conhecida pelo nome de *impedância de placa* e *resistência dinâmica de placa*.

TRANSCONDUTÂNCIA

Define-se transcodutância como sendo a relação entre uma variação de corrente de placa (ΔI_p) pela variação na tensão de grade (ΔEg) que ocasionou aquela variação de corrente, sob a condição de que a tensão de placa seja mantida constante. Matematicamente, esta relação é expressa da seguinte maneira:

$$G_m = \frac{\Delta I_p}{\Delta Eg} \quad \text{(mantendo-se a tensão de placa constante)}$$

A corrente dividida pela tensão é recíproca da resistência. A recíproca da resistência se chama *condutância* e é expressa em Mhos (ohms escrito ao inverso). A *transcondutância*, também conhecida pelo nome de *condutância mútua* é medida em Mhos ou Micromhos. O micromhos é igual a milionésima parte do Mho.

EXEMPLO: Uma mudança de 2 volts na grade de uma certa válvula resulta numa mudança de 4 miliampères na corrente de placa. Qual é a transcondutância de placa da válvula?

$$G_m = \frac{0{,}004 \text{ A}}{2\text{V}} = 0{,}002 \text{ Mhos}$$

AMPLIFICADOR TÍPICO DE CATODO À TERRA

Vejamos agora os pontos principais relativos a um amplificador típico. A figura 28 mostra um amplificador de tensão de catodo à terra.

À primeira vista pode parecer que o catodo não esteja a um potencial de terra, uma vez que a válvula emprega polarização negativa de catodo e este está a um potencial positivo igual a queda de tensão através de R_k. Não obstante, trata-se de uma queda de C.C. O capacitor em paralelo com o resistor mantém o catodo a um potencial de terra no que se refere a C.A., pois ele é calculado de forma a apresentar uma reatância muito baixa nas frequências de trabalho do amplificador.

A finalidade do resistor R_g é a de não deixar a grade desligada, evitan

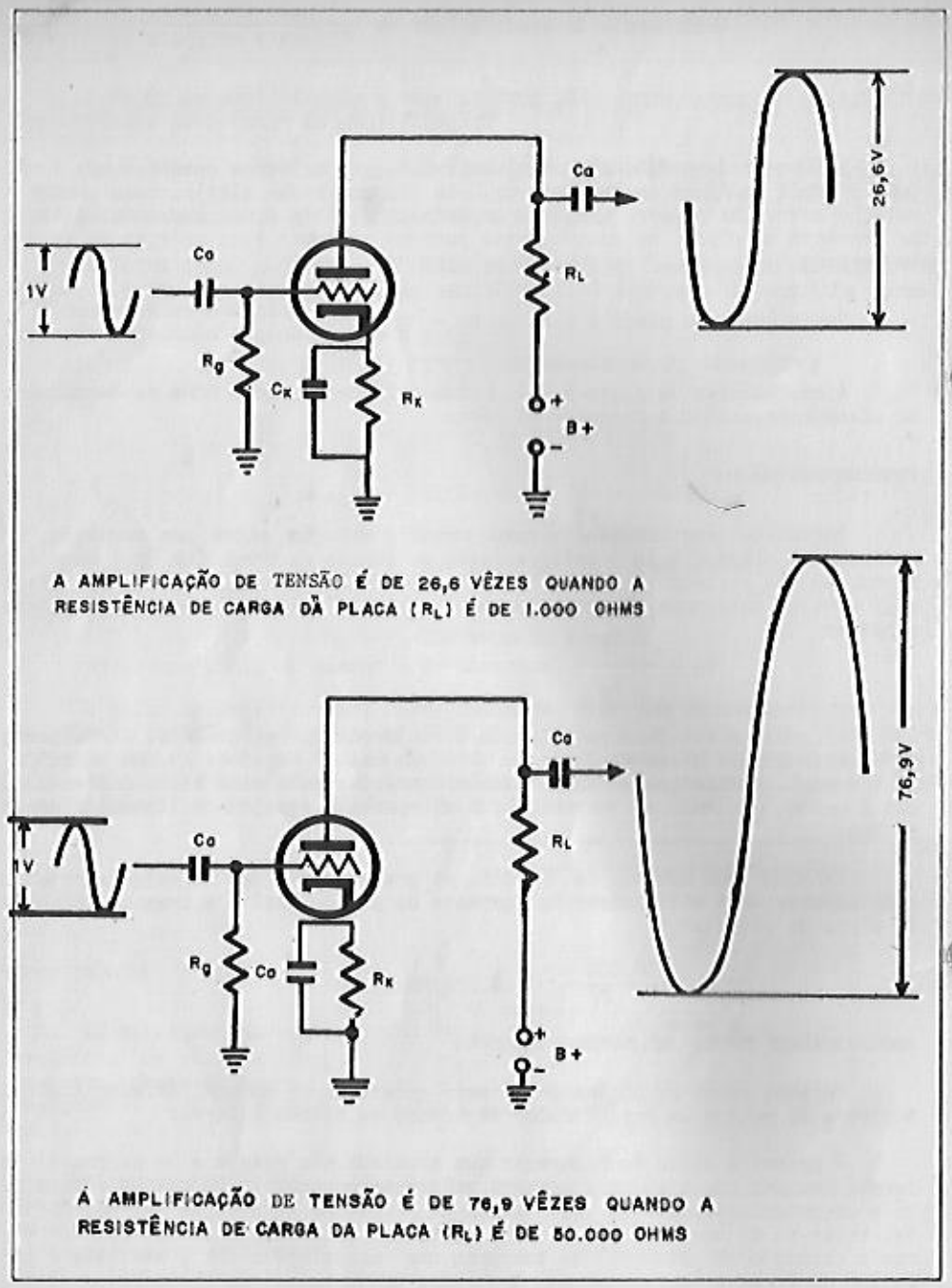


FIGURA 28
UMA DEMONSTRAÇÃO DE QUE A AMPLIFICAÇÃO É DIRETAMENTE PROPORCIONAL AO VALOR DE R_L (RESISTOR DE CARGA DA PLACA)

do nela o já citado efeito causado pelo acúmulo de cargas.

Teremos a oportunidade de discutir vários aspectos relacionados com este tipo de amplificador. Há todavia dois pontos importantes relacionados ao mesmo a serem tomados em consideração: 1º) O *Ganho real* da etapa amplificadora e 2º) a *mudança de fase de 180°* que sofre o sinal entre a grade e a placa.

O *ganho* de uma etapa amplificadora depende diretamente do fator de amplificação da válvula, ou seja:

$$\text{Amplificação de tensão (ganho)} = \frac{\mu \times R_L}{R_L + R_p}$$

μ = Fator de Amplificação
R_L = Resistor de Carga
R_p = Resistência de Placa

É interessante notar a influência que exerce o valor do resistor de carga sobre o ganho do amplificador. Para ilustrar este ponto, vamos tomar dois exemplos: Um com resistor de carga de 1.000 ohms e outro com resistor de carga de 50.000 ohms.

1º PROBLEMA: Em nosso primeiro exemplo vamos supor também que o fator de amplificação da válvula seja 80 e sua resistência de placa seja de 2.000 ohms. A amplificação de tensão ou ganho real em nosso amplificador quando o resistor de carga ou R_L é igual a 1.000 ohms, será dado pela nossa fórmula.

$$\text{Amplificação de Tensão (ganho)} = \frac{\mu \times R_L}{R_L + R_p}$$

Substituindo os valores na fórmula, teremos:

$$\text{Ganho} = \frac{80 \times 1.000}{1.000 + 2.000} = \frac{80.000}{3.000} = 26,6$$

O resultado que acabamos de obter significa que se o sinal de entrada for de 1 volt (de crista a crista), o sinal de saída terá uma amplitude de 26,6 volts (de crista a crista), quando o R_L for igual a 1.000 ohms.

2º PROBLEMA: Em nosso segundo problema todos os valores permanecem os mesmos, exceto que o resistor de carga passa a ter um valor de 50.000 ohms.

$$\text{Ganho} = \frac{80 \times 50.000}{50.000 + 2.000} = \frac{4.000.000}{52.000} = 76,9$$

Este resultado significa que se o sinal de entrada tiver uma amplitude de 1 volt (de crista a crista), o sinal de saída terá uma amplitude de 76,9 volts (de crista a crista).

A figura 28 mostra os circuitos para os dois exemplos que acabamos de dar com seus sinais de entrada e de saída.

É evidente portanto, que quanto maior o valor do resistor de carga, tanto maior a amplificação de tensão da válvula. Isto poderia dar a impres

são ao aluno que para aumentar a amplificação de tensão ou ganho de um amplificador, tudo que teria que fazer seria aumentar o valor do resistor de carga. Na prática entretanto, as coisas não sucedem assim pois existe um limite para o valor de R_L, conforme veremos em seguida.

É conveniente lembrar que a tensão de C.C. aplicada à placa ou E_p é igual a tensão da fonte de B+, *menos* a queda de tensão através de R_L (resistência de carga). Se o valor de R_L for muito alto, a tensão de placa ou E_p será muito baixa e a válvula não funcionará normalmente. Esta é a razão pela qual, quando for necessário, o técnico deve substituir o resistor de carga ou R_L por outro de idêntico valor, pois tal valor foi determinado por cálculos matemáticos e constitui um equilíbrio entre a tensão de amplificação ou ganho que se deseja obter no amplificador e a tensão de placa necessária para um funcionamento satisfatório da válvula.

A LINHA DE CARGA

Como resultado do que acabamos de expor, é fácil deduzir que existe uma estreita relação entre o valor da tensão de C.C. aplicada à placa e o valor da corrente de placa da válvula. Como a corrente de placa depende do valor da polarização negativa de grade, é fácil compreender que a tensão de placa será uma função da tensão negativa da grade.

Baseando-se no que acabamos de expor, é possível traçar uma *Linha de carga* no gráfico da família de curvas de uma válvula para cada valor escolhido para o resistor de carga.

Suponhamos que o valor do resistor de carga R_L no circuito amplificador da figura 28 seja de 25.000 ohms e a tensão de B+ (fonte de alimentação) seja de 250 volts. Esta é a tensão aplicada à placa quando esta corrente é igual a *zero*. Em outras palavras, quando nenhuma corrente de placa flui na válvula, não ocorre nenhuma queda de potencial através do R_L e como resultado, o potencial aplicado à placa é o potencial da fonte de B+.

Vamos supor agora que a corrente de placa seja de 10 miliampères. Quando esta corrente flui pelo resistor de carga R_L ocorre no mesmo uma queda de potencial igual a 250 volts (E = I x R = 0,01 x 25.000 = 250 volts), de modo que a tensão aplicada à placa em relação ao catodo será igual a zero (250 - 250).

Se a corrente de placa for entretanto de 4 miliampères, a queda de potencial através de R_L será apenas de 100 volts (E = I x R = 0,004 x 25.000 = 100 volts), de modo que o potencial aplicado à placa será de 150 volts (250 - 100 = 150 volts) em relação ao catodo.

Se prosseguíssemos em nossos cálculos e determinássemos os valores das tensões aplicadas à placa para cada valor da corrente de placa, iríamos ver que tais valores podem ser registrados no mesmo gráfico que utilizamos para traçar as curvas características ou famílias de curvas, conforme mostra a figura 29A. Tal linha se chama *Linha de carga* para um resistor de carga de 25.000 ohms.

A figura 29B por sua vez apresenta a mesma linha de carga de 25.000 ohms traçada por cima da família de curvas características que obtivemos anteriormente (Corrente de Placa x Tensão de Placa em função da Tensão de Grade).

Por meio do gráfico da figura 29B podemos determinar o valor da tensão de placa para qualquer outro valor da tensão de grade ou da corrente de placa em função da resistência de carga (R_L) de 25.000 ohms.

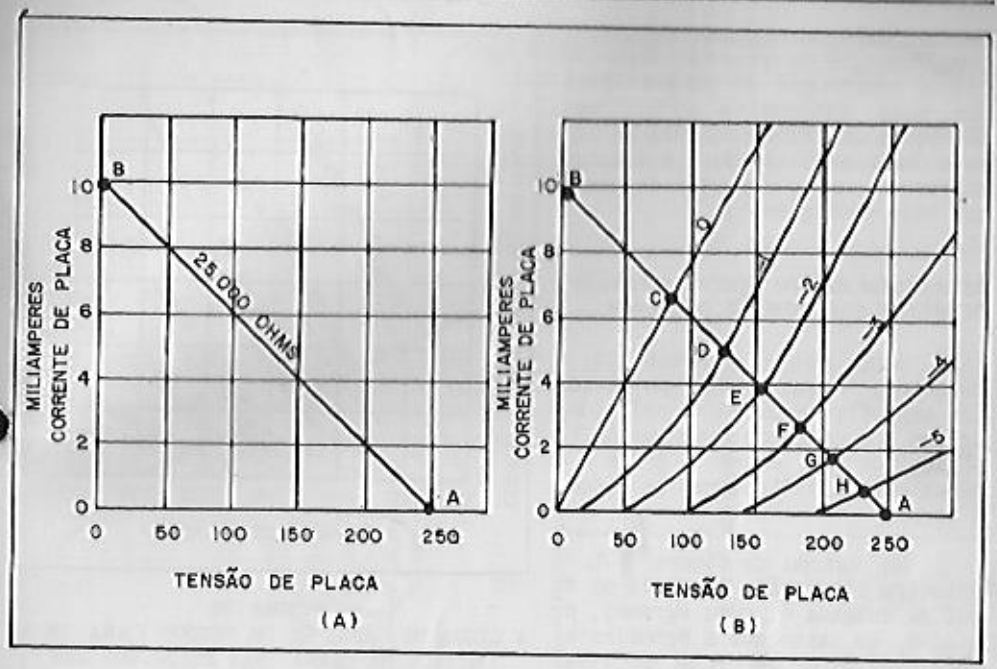


FIGURA 29
(A) A LINHA DE CARGA DE UM TRIODO PARA UM (R_L) RESISTOR DE CARGA DE 25.000 OHMS. (B) A LINHA DE CARGA DE UM TRIODO E SUA RELAÇÃO COM A FAMÍLIA DE CURVAS CARACTERÍSTICAS.

Vamos supor que desejamos saber qual é a tensão aplicada à placa quando a tensão de grade é de -1 volt e a corrente de placa flui na válvula é de 5 miliampères.

Observando o gráfico da figura 29B vemos que a linha de carga intercepta a curva característica da tensão de grade de -1 volt no ponto correspondente a uma tensão de placa de 125 volts.

Se a tensão de grade fosse de -2 volts e a corrente de placa de 3,8 miliampères, a tensão aplicada à placa seria de 155 volts.

Vamos supor que ao invés de 25.000 ohms escolhessemos um resistor de 50.000 ohms para R_L. Neste caso, quando a corrente de placa for de 5 miliampères, a tensão aplicada à placa será igual à zero (E = I x R = 0,005 x 50.000 = 250 volts) pois a queda de potencial através do resistor R_L será de 250 volts (250 - 250 = 0).

Como resultado do exposto, quando R_L for igual a 50.000 ohms, a linha de carga será traçada entre o ponto 250 das coordenadas *"Voltagens de Placa"* e o ponto das coordenadas *"Corrente de Placa"*, conforme mostra a figura 30.

Por meio da nova linha de carga no gráfico da família de Curvas poderemos determinar qualquer valor da tensão aplicada à placa para qualquer valor da tensão de grade nos limites estabelecidos pelo valor de R_L.

O valor do resistor de carga, como vemos, é de grande importância na construção de um amplificador, pois determina as melhores condições de funcionamento da válvula como amplificadora e o ganho máximo que se pode obter da mesma sob tais condições.

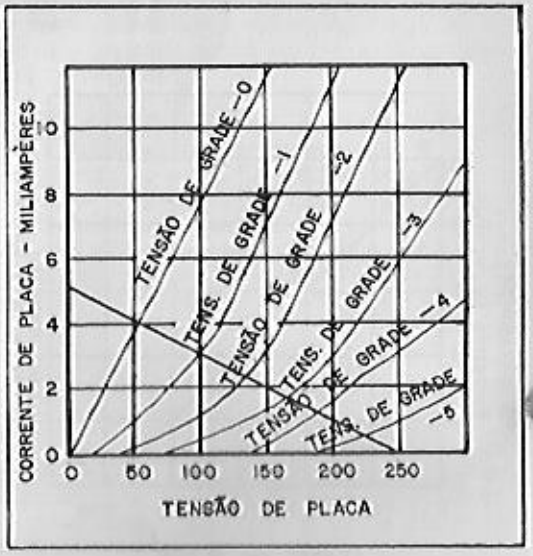


FIGURA 30
A LINHA DE CARGA DE UM TRIODO PARA UM RESISTOR DE CARGA (R_L) DE 50.000 OHM

DEFASAGEM DE 180° ENTRE A TENSÃO DE GRADE E A TENSÃO DE PLACA

Outro ponto interessante e de grande importância no estudo dos amplificadores, é o relacionado com a mudança de fase que sofre o sinal de C.A. entre a grade e a placa nos amplificadores de catodo à terra.

No catodo da figura 31A, a primeira alteração do ciclo do sinal de entrada é, como veremos, *positiva*, ao passo que a primeira alternação do mesmo ciclo do sinal de saída é *negativa*. Por outro lado, a segunda alternação do ciclo do sinal de entrada é negativa enquanto a segunda alternação do ciclo do sinal de saída é positiva. Este é um fator altamente importante nos amplificadores de catodo a terra. Vejamos então, com o auxílio dos três circuitos ilustrados na figura 30 como e porque tal coisa sucede.

Segundo vimos, a tensão de placa é sempre igual a tensão de B+ *menos* a queda de potencial através de R_L.

No circuito da Figura 31A, o sinal de entrada é igual a ZERO, de modo que a tensão de grade é zero em relação a terra mas é de -1 volt em relação ao catodo. A corrente de placa está fluindo, de modo que a queda de potencial através de R_L é igual a 125 volts e como resultado, a tensão aplicada à placa é igual a 125 volts (250 - 125 = 125).

No circuito da figura 31B, a tensão do sinal de entrada atingiu seu valor máximo positivo de +1 volt, de modo que a grade está agora a um potencial de 0 volt (-1 + 1 = 0). Como este é o valor menos negativo da tensão de grade, a corrente de placa neste instante é *máxima*, de modo que a queda de potencial através de R_L é também *máxima*, ou seja, de 150 volts, e como resultado, a tensão aplicada à placa é mínima, ou seja de 100 volts (250 - 150 = 100).

No circuito da figura 31C, a tensão do sinal de entrada atingiu seu valor máximo negativo, ou seja, de -1 volt. A grade está agora a um potencial de -2 volts (-1 + (-1) = -2 volts). Como resultado, a corrente de placa apresenta seu valor *mínimo* em relação ao sinal de entrada, de modo que a queda de potencial através de R_L é mínima, ou seja, de apenas 100 volts aproximadamente e, consequentemente, a tensão aplicada à placa é *máxima*, ou seja, de 150 volts.

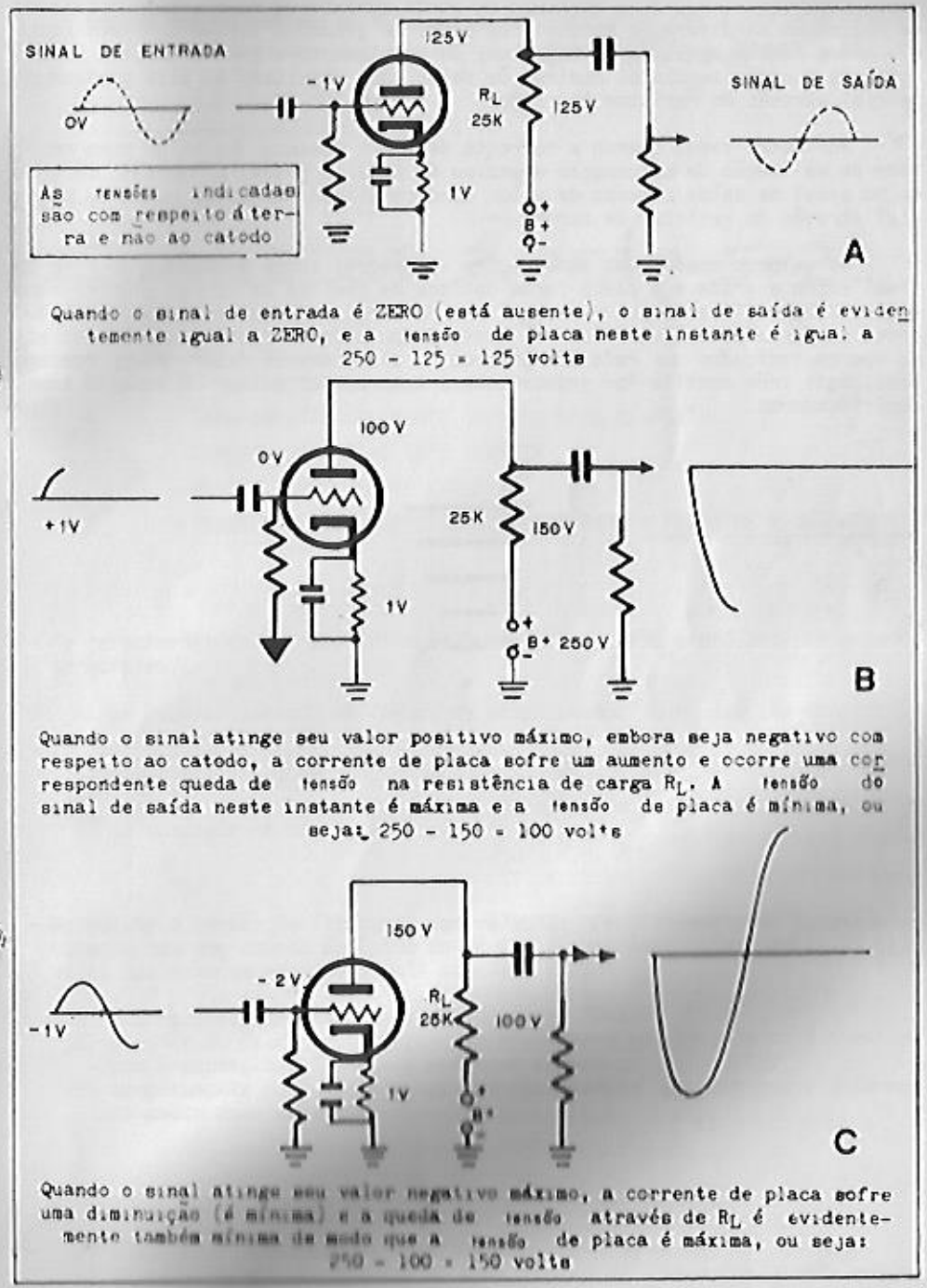


FIGURA 31
DEMONSTRANDO PORQUE A TENSÃO DE PLACA ESTÁ 180° FORA DE FASE COM RESPEITO A TENSÃO DE GRADE

Como vemos, quando a corrente de placa *aumenta* de valor, como resultado da aplicação da alteração positiva do sinal de grade, a tensão de placa (que é a mesma tensão aplicada ao capacitor de acoplamento e portanto, a tensão aplicada a etapa seguinte) diminui de valor como resultado da alta queda de potencial através do resistor de carga.

Por outro lado, quando a corrente de placa *diminui* de valor como resultado da aplicação de *alternação negativa* do sinal à grade, a tensão de placa ou sinal de saída *aumenta* de valor como resultado da baixa queda de potencial através do resistor de carga.

Os valores usados nas explicações anteriores sobre a mudança de fase do sinal entre a grade e a placa foram obtidos da família de curvas ilustrada na figura 26B, utilizando-se a mesma linha de carga para um resistor de 25.000 ohms, conforme poderá verificar o aluno, comparando os resultados obtidos acima com os indicados no referido gráfico. O aluno deverá fazer essas comparações, pois irão auxiliá-los grandemente a compreender melhor o assunto sobre amplificadores.

****

****

****

*****

***

*

IMPRESSO NO BRASIL
DIREITOS RESERVADOS 1947

OCCIDENTAL Schools

EXAME DA LIÇÃO E-20

10

- CADA QUESTÃO APRESENTA TRÊS OU MAIS RESPOSTAS.
- SOMENTE UMA DELAS ESTÁ CORRETA.
- MARQUE A QUE JULGAR CORRETA.
- TRANSCREVA AS RESPOSTAS CORRETAS PARA A FOLHA DE EXAME ANEXA.

1 - As características de amplificação de uma válvula são explicadas da seguinte maneira:

a) *um pequeno aumento de tensão de placa produz uma variação considerável na corrente de placa*
b) *é necessário uma grande variação da tensão de grade para produzir uma variação considerável na corrente de placa*
X *a menor variação de tensão do sinal aplicada à grade produz uma grande variação na corrente de placa*

2 - Ao elevar a tensão do filamento das válvulas com filamento de Tungstênio coberto com uma camada de Óxido de Tório, é possível rejuvenescer as válvulas que estejam esgotadas pela seguinte razão:

a) *elevação de temperatura produz Óxido de Tório*
X *a parte de Óxido de Tório que se encontrava no interior do filamento vem à superfície, formando uma nova camada*
c) *simplesmente porque a elevação de temperatura faz com que o filamento emita mais elétrons*

3 - É possível obter o ponto de corte de placa de uma válvula:

a) *aumentando consideràvelmente a polarização da grade*
b) *fazendo a válvula funcionar numa tensão de placa mais alta que a normal*
X *aumentando consideravelmente a polarização negativa da grade*

4 - Nas válvulas de aquecimento indireto, o filamento:

a) é essencialmente o emissor de elétron
b) produz o calor necessário para que o catodo produza a emissão eletrônica
c) produz grande emissão eletrônica e está ligado com o resto da valvula

5 - Ao aumentar a tensão de placa de uma válvula, é produzida a seguinte condição:

a) aumenta a intensidade da corrente de placa se o elemento emissor de elétrons puder aumentar a emissão
b) diminui a intensidade da corrente de placa
c) a corrente de placa não varia, especialmente nas válvulas de grande emissão eletrônica

6 - Se numa válvula for aplicada uma polarização negativa de 5 volts, nos instantes em que a tensão do sinal for positiva, a tensão instantânea da grade será:

a) mais negativa (a polarização negativa aumenta)
b) menos negativa (diminui a polarização instantânea)
c) igual (a polarização negativa permanece constante)

7 - Para que uma válvula funcione satisfatoriamente como amplificadora, é necessário que a tensão do sinal amplificado corresponda ou esteja:

a) no ponto de saturação da corrente de placa
b) no ponto de corte da corrente de placa
c) dentro da seção reta da curva de características

8 - O ponto de saturação da corrente de placa de uma válvula corresponde a seguinte condição:

a) todos os elétrons emitidos pelo filamento emissor estão sendo atraídos pela placa
b) a tensão de grade é negativa, e por isto a corrente de placa permanece estável
c) incorreta polarização de grade

9 - A amplificação que se consegue com um circuito ligado em catodo à terra onde R_L = 15.000 ohms, R_p = 5.000 ohms e μ = 60 é:

a) 90
b) 45
c) 60

10 - Aumentando o valor do resistor de carga R_L:

a) a amplificação fica constante
b) a amplificação não aumentaria pois, quanto maior for R_L, menor a tensão de placa E_p
c) a amplificação aumentaria até certo ponto. Depois não mais porque a tensão de placa começaria a diminuir muito.