



**AeroTD**  
ESCOLA DE AVIAÇÃO CIVIL

**Sistema de Combustível do Motor**

*Prof. Vanderlei dos Reis*



<b>CNPJ</b>	72.443.914/0001-38
<b>Mantenedora</b>	AERO TD ESCOLA DE AVIAÇÃO CIVIL LTDA - ME
<b>Instituição</b>	AERO TD Escola de Aviação Civil
<b>Esfera Administrativa</b>	Privada
<b>Endereço (Rua, Nº.)</b>	Rua Madalena Barbi nº 46.
<b>Cidade UF CEP</b>	Bairro: Centro - Florianópolis SC. CEP: 88.015-200
<b>Telefone Fax</b>	(48) 32235191
<b>Eixo Tecnológico:</b>	Infraestrutura
<b>Curso:</b>	Profissionalizante em Manutenção de Aeronaves - Habilitação Grupo Motopropulsor
<b>Carga Horária Total:</b>	1034 horas

## Sumário

Apresentação ..... 4

Módulo I ..... 6 – 29

Módulo II ..... 32 – 51

Módulo III ..... 53 – 73

Módulo IV ..... 75 – 110

Módulo V ..... 112 - 128

## Apresentação da Disciplina

Caro aluno,

*Pretendo que a disciplina **Sistema de Combustível do motor e medição de combustível** seja um instrumento que ofereça a você o entendimento de como os motores aeronáuticos são alimentados com combustível nos vários regimes de operação e você aprenderá como funciona as unidades de medição de combustível, desde o mais simples, que é usado em aeronaves de pequeno porte, até o mais complexo usado em aeronaves de grande porte.*

*Independente do tipo de unidade de medição, todas possuem o mesmo propósito que é fazer a mistura do combustível com o ar e fornecer esta mistura para o motor do avião na quantidade e pressão adequada para uma perfeita operação nos diversos regimes de operação do motor.*

*Esta disciplina está dividida em cinco módulos:*

*No módulo I: Você irá se familiarizar com dispositivos de medição de combustível para motores alternativos. Você irá aprender quais tipos de carburador são usados neste tipo de motor, como eles funcionam e a finalidade de todos os sistemas que constituem estes carburadores.*

*No módulo II: Daremos continuidade ao estudo dos sistemas de um carburador para motores alternativos e você irá conhecer o carburador de pressão, que é um tipo de carburador com um requinte a mais, para ser usado em motores alternativos mais modernos.*

*No módulo III: Você conhecerá os sistemas do carburador de pressão e iniciaremos com sistema de injeção de combustível.*

*No módulo IV: Você aprenderá as práticas de manutenção e inspeção do sistema de combustível e iniciará os seus conhecimentos a respeito do sistema de medição de combustível para motor à reação.*

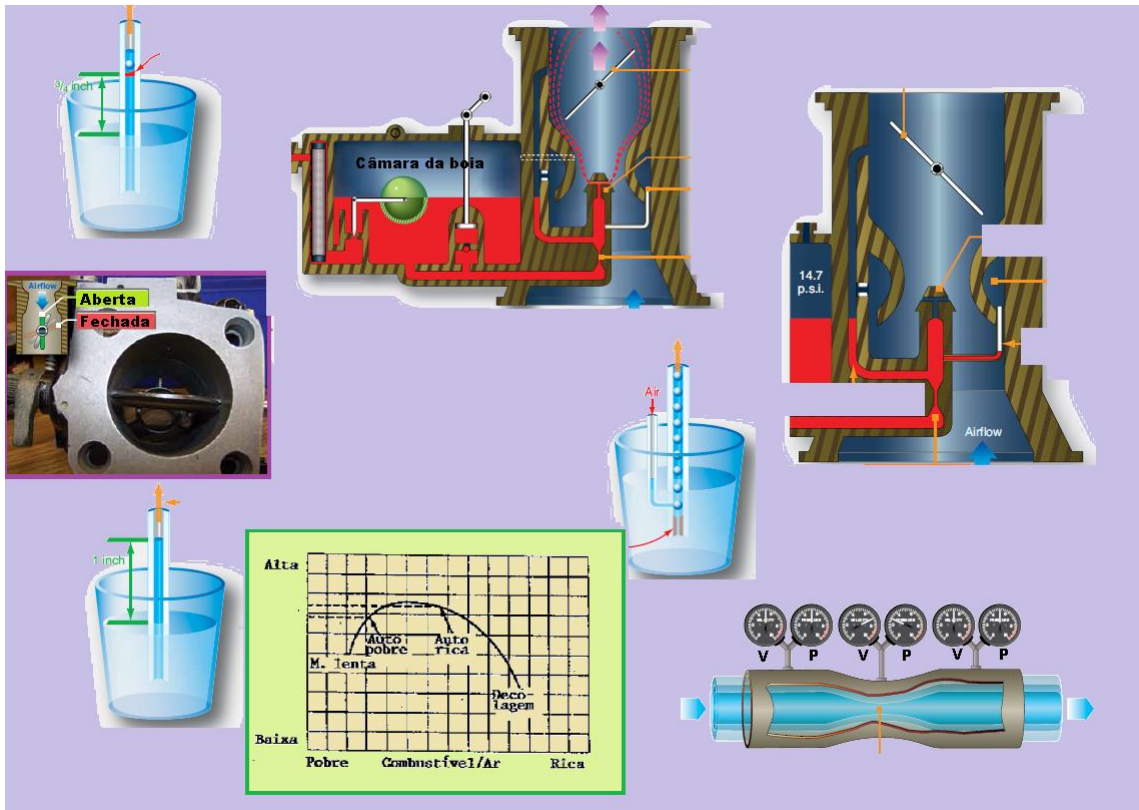
*No módulo V: Trataremos das unidades que fazem parte do sistema de medição de combustível dos motores à reação.*

*Ao encerrar esta disciplina você possuirá condições de identificar todos os sistemas de medição de combustível utilizados nas operações dos motores aeronáuticos.*

*Lembre-se que estarei ao seu lado, acompanhando-o, orientando-o, e estimulando seus estudos. É muito importante poder compartilhar esses conteúdos com você.*

*Bons estudos!*

*Prof. Vanderlei dos Reis*



Fonte: Vanderlei dos Reis

## MÓDULO I

### PRINCÍPIO DA CARBURAÇÃO

#### INTRODUÇÃO

Caro aluno,

Neste módulo daremos início ao nosso estudo sobre os sistemas de combustível do motor empregos em aeronaves e você está convidado a seguir comigo, buscando conhecer estas tecnologias.

Vamos lá!



O desenvolvimento nas aeronaves tem aumentado às exigências no sistema de combustível, aumentando a instalação, o ajuste e os problemas de manutenção.

O sistema deve suprir combustível para o carburador ou, então, outro dispositivo de dosagem em todas as condições de solo ou voo. Ele deve funcionar apropriadamente nas constantes trocas de altitudes e em qualquer clima, deve, também, ser livre de vapor que resultam das trocas das condições climáticas no solo ou no ar.

Em pequenas aeronaves, um sistema simples de alimentação por gravidade é instalado, consistindo de um tanque para suprir o combustível ao motor.

Em aeronaves "multimotoras", sistemas complexos são necessários para que o combustível possa ser bombeado, de modo que qualquer tanque possa alimentar qualquer motor.

Previsões para transferência de combustível, de um tanque para outro, também deve ser incluído na aeronave de grande porte.

### **Bolha de Vapor (vapor lock)**

Normalmente, o combustível permanece no estado líquido até ser descarregado no fluxo de ar, e então, instantaneamente, troca para vapor.

Sob certas condições, o combustível pode vaporizar nas linhas, bombas ou outras unidades. As "bolhas de vapor", formadas pela vaporização prematura, restringe o fluxo de combustível através das unidades que são projetadas para operar com líquidos ao invés de gases.

O resultado da interrupção total ou parcial do fluxo de combustível é chamado de "bolha de vapor" (vapor lock).

As três causas gerais da formação do "bolha de vapor" são: redução da pressão, alta temperatura e excessiva turbulência do combustível.

Em grandes altitudes, a pressão do combustível no tanque é baixa. Isto diminui o ponto de ebulição do combustível e causa a formação de bolhas de vapor. Este vapor, preso ao combustível líquido, pode causar bolha de vapor no sistema.

A transferência de calor do motor tende a causar ebulição do combustível nas linhas e na bomba. Tal tendência aumenta se o combustível no tanque estiver quente.

Altas temperaturas de combustível frequentemente combinam com baixa pressão para aumentar a formação de vapor. Isto é mais provável de ocorrer durante uma subida rápida em um dia quente.

Quando a aeronave sobe, a temperatura externa cai, mas a temperatura do combustível não cai rapidamente. Se o combustível estiver quente durante a decolagem, ele retém este aquecimento, e entra em ebulição mais facilmente em grandes altitudes.

As principais causas da turbulência do combustível são: o deslocamento dentro dos tanques, a ação mecânica da bomba acionada pelo motor, e subidas em curvas acentuadas nas linhas de combustível.

A agitação do combustível no tanque tende a misturá-lo com ar. Quando esta mistura passa através das linhas, o ar preso se separa do combustível, formando bolsas de vapor em muitos pontos, onde existem trocas repentinas na direção ou elevações acentuadas.

A turbulência na bomba de combustível muitas vezes combina com a baixa pressão na entrada da bomba, para formar uma bolha de vapor neste ponto.

A bolha de vapor pode ser perigosa o suficiente para bloquear o fluxo de combustível, e parar o motor. Pequena quantidade de vapor, na entrada da linha, restringe o fluxo para a bomba acionada pelo motor, reduzindo a pressão de saída.

Para reduzir a possibilidade da bolha de vapor, as linhas de combustível são mantidas afastadas das fontes de calor; as curvas e subidas acentuadas, também, são evitadas. Em adição, a volatilidade do combustível é controlada na fabricação para que ele não vaporize muito rapidamente.

O maior aperfeiçoamento na redução da bolha de vapor é a incorporação de bombas de reforço ("Booster Pumps") no sistema de combustível. Essas bombas mantêm o combustível nas linhas para a bomba acionada pelo motor sob pressão. Esta pequena pressão no combustível reduz a formação de vapor e ajuda a mover a bolha de vapor para fora do sistema.

A bomba de reforço também libera o vapor do combustível, quando este passa por ela. O vapor move-se para cima através do combustível no tanque, e sai através dos tubos de ventilação.

Para prevenir as pequenas quantidades de vapor que permanecem no combustível, prejudicando sua medição, eliminadores de vapor são instalados em alguns sistemas, antes do dispositivo de medição, ou são instalados dentro das unidades.

## **1.1 SISTEMA BÁSICO DE COMBUSTIVEL**

As partes básicas do sistema de combustível incluem tanques, bombas de reforço, linhas, válvulas seletoras, filtros, bombas acionadas por motor e indicadores de pressão.

Geralmente são vários tanques em conjunto com um sistema simples para armazenar o volume de combustível necessário. A localização desses tanques depende do projeto do sistema de combustível e do projeto estrutural da aeronave.

De cada tanque, uma linha conduz para a válvula seletora. Essa válvula está na cabine de comando para selecionar o tanque, do qual o combustível deverá ser liberado para o motor. A bomba de reforço força o combustível através da válvula seletora para o filtro da linha principal. A unidade filtrante, localizada na parte mais baixa do sistema, remove água e sujeira do combustível. Durante a partida, a bomba de reforço força o combustível através de uma válvula de desvio (BYPASS) na bomba, acionada pelo motor para o sistema de medição. Uma vez que a bomba acionada pelo motor alcance velocidade suficiente fecha-se a válvula de desvio, e libera-se o combustível para o sistema de medição com pressão normal.

O sistema de combustível da aeronave começa com o tanque, e termina com o sistema de combustível do motor, que, usualmente, inclui uma bomba acionada pelo motor e um sistema de medição de combustível.

Nas aeronaves acionadas por motor alternativo, o sistema de calibração do combustível consiste de um dispositivo de controle do ar e do combustível, desde o ponto onde o combustível entra na primeira unidade de controle, até ele ser injetado na seção de sobrecarga, ou no tubo de entrada, ou cilindro. Por exemplo: o sistema de medição de combustível do motor Continental IO-470L consiste numa unidade de controle combustível / ar, bomba injetora, válvula da linha principal de combustível, e injetores de descarga de combustível.

No motor PRATT AND WHITNEY R1830-94, o sistema de medição de combustível consiste de carburador, válvula de alimentação de combustível e uma bomba de aceleração do carburador.

No último caso, a válvula de alimentação de combustível e a bomba de aceleração são montadas no motor, e são componentes fornecidos pelo fabricante.

O sistema de medição de combustível, nos motores alternativos atuais, mede o combustível em uma pré-determinada razão para o fluxo de ar.

O fluxo de ar para o motor é controlado através do carburador ou unidade de controle, combustível/ar.

O sistema de medição de combustível dos motores com turbina a gás consiste num jato de combustível controlado, e pode ser aprimorado através da inclusão de injetores de combustível.



Em alguns motores turboélice, uma válvula de controle de dados de temperatura (válvula T.D.) faz parte do sistema de combustível do motor.

A razão de liberação de combustível é função do fluxo da massa de ar, temperatura de entrada do compressor, pressão de descarga do compressor, RPM e pressão na câmara de combustão.

O sistema de medição de combustível deve operar satisfatoriamente para assegurar a eficiente operação do motor, medida pela potência de saída, temperatura de operação do motor, e autonomia da aeronave.

Devido a variações em projetos nos diferentes sistemas de medição de combustível, o desempenho esperado de qualquer parte do equipamento, assim como as dificuldades que possam causar, pode ser vário.

## **1.2 DISPOSITIVOS DE MEDIÇÃO DE COMBUSTÍVEL PARA MOTORES ALTERNATIVOS**

Esta seção explica os sistemas que liberam a mistura correta de combustível e ar para as câmaras de combustão do motor.

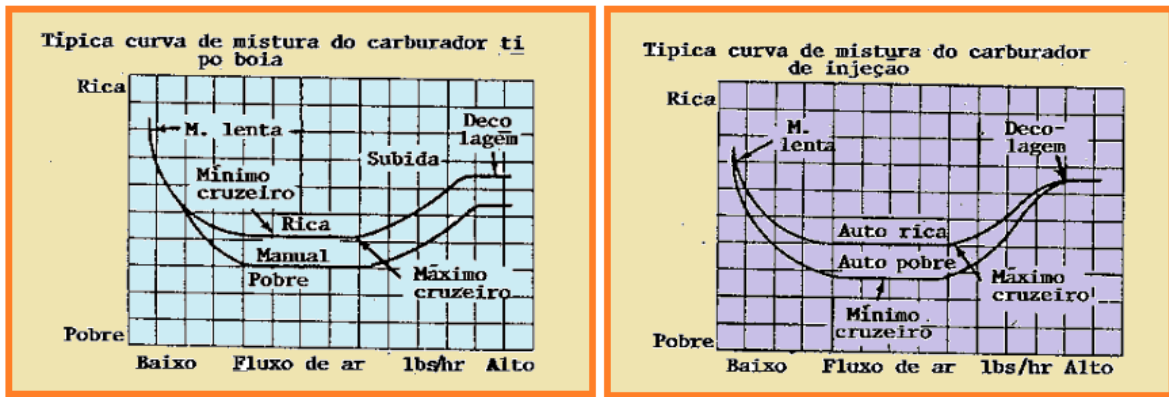
Na discussão de cada sistema, o propósito geral e os princípios operacionais são acentuados, com ênfase particular nos princípios básicos de operação. Não serão dados detalhes operacionais e instruções de manutenção para tipos específicos e fabricação de equipamentos.

Para informação necessária e específica à inspeção ou manutenção de uma instalação ou unidades em particular, consulta-se as instruções do fabricante.

O requisito básico de um sistema de medição de combustível é o mesmo, indiferentemente do tipo de sistema usado ou do modelo do motor, no qual o equipamento é instalado.

Ele precisa medir o combustível proporcionalmente ao ar, para estabelecer a razão própria da mistura combustível/ar para o motor em qualquer velocidade e altitude, na qual o motor deverá operar.

Nas curvas da Figura 3-1 (mistura combustível/ar), nota-se que os melhores requisitos de potência e economia de mistura ar/combustível, para todos os motores alternativos, são aproximadamente os mesmos.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 3-1 Curvas de mistura combustível / ar.

Um segundo requisito do sistema de medição de combustível é para atomizar e distribuir o combustível do carburador na massa de ar, de maneira que a carga de ar que vai para todos os cilindros assegure quantidades similares de combustível, de modo que a mistura combustível/ar chegue a cada cilindro na mesma proporção.

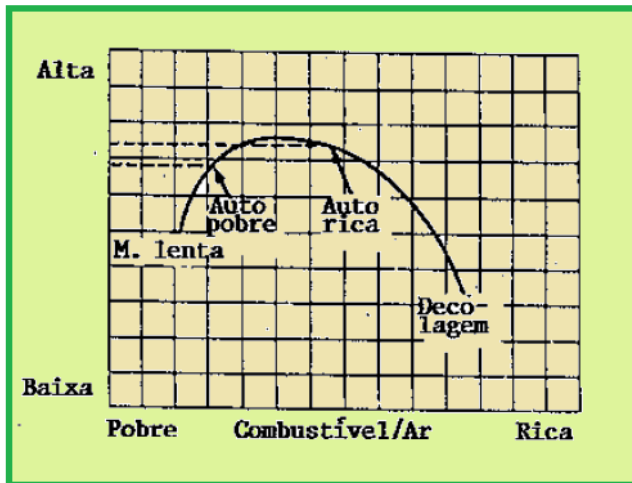
Os carburadores tendem a manter a mistura mais rica em maiores altitudes do que ao nível do solo, por causa do decréscimo da densidade do fluxo de ar através do venturi do carburador para um dado volume de ar por hora para o motor.

Portanto, é necessário que no controle da mistura seja providenciada uma mistura pobre para compensar este natural enriquecimento.

Alguns motores usam carburadores com controle de mistura operado manualmente. Outras aeronaves empregam carburadores que, automaticamente, empobrecem a mistura do carburador, para em maiores altitudes manter a mistura combustível/ar adequada.

Os requisitos para uma mistura rica ao motor de uma aeronave são estabelecidos pela curva de tração de funcionamento, para determinar a mistura combustível/ar, obtendo o máximo de tração utilizável.

Esta curva (figura 3-2) está dividida em intervalos de 100 RPM, da marcha lenta para a velocidade de decolagem.



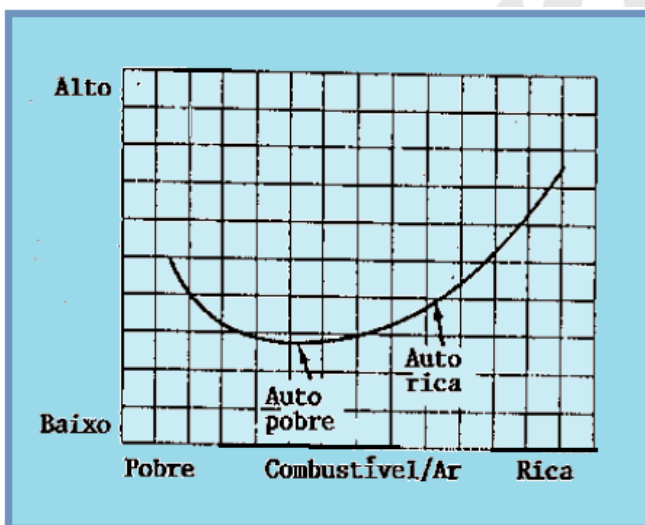
Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 3-2 Curva de potência por mistura de combustível / ar

No limite de tração, o motor deverá operar com a mistura mais pobre, como indicado nas curvas.

Contudo, nas misturas pobres, a temperatura na cabeça do cilindro poderá exceder a temperatura máxima permitida, e a detonação poderá ocorrer.

A melhor economia ajustada é estabelecida pelo funcionamento das séries de curvas através do limite de cruzeiro, como mostrado no gráfico 3-3. O ponto inferior (auto-lean) na curva mostra a mistura ar/combustível, onde o mínimo de combustível por cavalo-potência (horsepower) é usado. Neste limite, (período) o motor deverá operar normalmente com misturas levemente pobres, e deverá, obviamente, operar com misturas mais ricas do que no ponto inferior de mistura.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 3-3 Curva de consumo específica de combustível

Se a mistura usada for mais pobre do que a especificada para o motor em uso, o cilindro com a mistura mais pobre estará sujeito ao retorno de chama, porque a razão de queima muito lenta da mistura pobre resulta na queima contínua no cilindro, quando a próxima admissão começar.

### **Misturas Combustível/ar**

Gasolina e outros líquidos combustíveis não devem queimar totalmente antes de serem misturados com ar. Se a mistura tem a queima adequada no cilindro do motor, a razão de ar para combustível deve ser mantida no limite certo.

Este estado (condição) deve ser muito exato para que o combustível queime com o oxigênio no ar. Setenta e oito por cento (78%) do volume do ar é nitrogênio, o qual é inerte e não participa do processo de combustão e 21% é oxigênio. O aquecimento é gerado pela queima da mistura de gasolina e oxigênio.

Nitrogênio e gases produzidos pela combustão absorvem esta energia calorífica, transformando-a em força pela expansão. A proporção de combustível e ar pelo peso é de extrema importância para o desempenho (performance) do motor. As características de uma dada mistura podem ser medidas em termos de velocidade da chama e temperatura da combustão.

A composição da mistura combustível/ar é descrita como razão de mistura. Por exemplo, a mistura com a razão 12 para 1 (12:1) é composta de 12 libras de ar e 01 libra de combustível. A razão é expressa em peso porque o volume de ar varia muito com a temperatura e a pressão. A razão de mistura também pode ser expressa como decimal. Assim, a razão combustível/ar de 12:1 e a razão combustível/ar de 0,083 descreve a mesma razão de mistura. As misturas ar e gasolina, rica de 8:1 e pobre de 16:1, deverão queimar em um cilindro do motor. O motor desenvolve a força máxima, com a mistura de aproximadamente 12 partes de ar e 1 parte de gasolina.

Do ponto de vista químico, a mistura perfeita de combustível e ar para a combustão deve ser de 0,067lb de combustível para 1 libra de ar (razão de mistura de 15:1).

Os cientistas chamam esta combinação química de mistura estequiométrica. Com essa mistura (entregue no tempo suficiente e em turbulência), todo o combustível e todo o oxigênio do ar devem ser completamente usados no processo de combustão. A mistura "estequiométrica" produz altas temperaturas de combustão, porque a proporção de calor

disponível na massa de carga (combustível e ar) é muito grande. Contudo, a mistura é raramente usada, pois não resulta em maior economia nem em maior potência para o fluxo de ar ou pressão de admissão. Se mais combustível for adicionado para a mesma quantidade de carga de ar, do que a quantidade dada como mistura quimicamente perfeita, variações de força e temperatura deverão ocorrer.

A temperatura do gás da combustão deverá ser reduzida quando a mistura for enriquecida, e a força será aumentada até que a razão combustível/ar seja de aproximadamente de 0,0725. Da razão combustível/ar de 0,0725 até a razão combustível/ar 0,080, a força permanecerá essencialmente constante, embora continue a queda da temperatura da combustão.

Misturas com razões combustível/ar de 0,0725 até razões combustível/ar de 0,080 são chamadas misturas de melhor potência, desde que seu uso resulte na maior força para um dado fluxo de ar ou pressão no tubo de admissão. Nesta variação da razão combustível/ar, não existe o aumento no calor total disponibilizado, mas o peso de nitrogênio e produtos da combustão é aumentado através do vapor formado com o excesso de combustível, desse modo, o trabalho da massa de carga é aumentado.

Em adição, o combustível a mais na carga (acima da mistura estequiométrica) é aumentado a velocidade do processo de combustão, através da providência do fator tempo favorável a conversão da energia do combustível em força.

O enriquecimento da razão combustível/ar acima de 0,080 resulta na perda de força devido a redução da temperatura, como o efeito de refrigeração alcançado pelo excesso de combustível é o fator favorável para o aumento da massa. A temperatura reduzida, e a menor razão de queima, são dirigidas para um aumento da perda de eficiência da combustão.

Se, com fluxo de ar constante, a mistura for empobrecida abaixo de 0,067 da razão combustível/ar, força e temperatura deverão diminuir juntas. Nesta ocasião, a perda de força não é uma perda, mas uma vantagem. O propósito do empobrecimento é para economizar combustível.

O objetivo é para obter a força necessária com o menor fluxo de combustível, e permitir que o consumo de ar seja auto controlado. A medição do uso econômico do combustível é chamada SFC (Consumo Específico de Combustível), o qual é lbs de combustível por hora HP (PPH-HP). Portanto,  $SFC = \text{lbs combustível/Hr/HP}$ . Através do uso desta razão, o de combustível nos motores nos vários ajustes de força pode ser comparado.

Quando o empobrecimento for abaixo de 0,067 da razão combustível/ar com um fluxo de ar constante, nivelado através da diminuição da força, o custo do combustível para manter cada cavalo-força (Horse-power) por hora (SFC) também é ao mesmo tempo reduzido.

Embora a carga da mistura seja convenientemente enfraquecida, esta perda de potência ocorre para uma razão menor do que a redução do fluxo de combustível. Esta tendência favorável continua, até que uma potência de mistura conhecida como a melhor economia, seja alcançada. Esta razão combustível/ar, o HP necessário, é desenvolvida com o menor fluxo de combustível, ou, por um aumento do fluxo de combustível que produz mais força. A razão combustível/ar varia com a RPM e outras condições, mas para tração de cruzeiro na maioria dos motores alternativos, isto é o suficiente para definir este limite de operação da razão combustível/ar, sendo de 0,060 até 0,065 com retardo de ignição, e razão combustível/ar de 0,055 até 0,061 com avanço de ignição. Estas razões, combustível/ar, são mais comumente usadas em aviões onde há empobrecimento manual.

Abaixo da melhor mistura econômica para a tração, potência e temperatura continuam caindo com fluxo de ar constante, enquanto o SFC aumenta.

Quando a razão combustível/ar é reduzida, a combustão se torna mais fria e lenta, deste modo, a potência para certa pressão no duto torna-se baixa e antieconômica.

O efeito da redução de temperatura das misturas ricas ou pobres resulta do excesso de combustível ou ar, acima daquele necessário para a combustão. A refrigeração interna do cilindro é obtida pelo combustível não usado quando razões de combustível/ar acima de 0,067 são usadas.

A mesma função é verificada pelo excesso de ar, quando razões combustível/ar abaixo de 0,067 são usadas.

Variando a mistura de combustível/ar, produzem-se variações nas condições operacionais do motor afetando potência, temperatura e necessidades de ignição. A razão de combustível/ar para a melhor potência é desejada quando a maior potência de um dado fluxo de ar é requerida. A mistura mais econômica resulta da obtenção da potência de saída, obtida com o fluxo mínimo de combustível. A razão combustível/ar considerada de maior eficiência operacional varia com a velocidade do motor e da potência de saída.

No gráfico que mostra a variação da razão combustível/ar (figura 3-1), nota-se que a mistura é rica nas operações de marcha lenta, na operação de alta velocidade, e pobre na faixa de cruzeiro. Na marcha lenta, algum ar ou gás de descarga é retido no interior do cilindro, através da tomada de descarga durante a abertura da válvula.

A mistura que entra no cilindro através do porte de admissão deve ser suficientemente rica para compensar este gás ou ar adicional. Na potência de cruzeiro, as misturas pobres economizam combustíveis e aumentam a autonomia do avião.



Um motor funcionando perto da potência máxima necessita de uma mistura rica para prevenir superaquecimento e detonação. Desde que o motor seja operado em potência máxima apenas por curtos períodos, o alto consumo de combustível não é importante. Se o motor é operado com mistura muito pobre, e ajustes são feitos para aumentar o volume de combustível, a potência de saída do motor no início aumenta rapidamente, até que, gradualmente, a força máxima é alcançada. Com o aumento adicional no volume de combustível, a potência de saída cai gradualmente conforme a mistura é enriquecida.

Existem instruções específicas concernentes a razões de mistura para cada tipo de motor sobre várias condições de operação. A não observação destas instruções poderá resultar em baixa performance e frequentes danos para o motor. Misturas excessivamente ricas resultam em perda de potência e desperdício de combustível.

Com o motor operando perto da descarga máxima, misturas muito pobres causaram perda de potência e, sob certas condições, sério aquecimento. Quando o motor é operado com mistura pobre, o indicador de temperatura da cabeça de cilindro deve ser mantido dentro da temperatura padrão.

Se a mistura é excessivamente pobre, poderá ocorrer retorno de chama, através do sistema de indução ou parada completa. O retorno de chama é resultado da queima lenta de uma mistura pobre. Se ainda estiver ocorrendo a queima, quando a válvula de admissão for aberta, será dada ignição a nova mistura, e a chama migrará através da mistura de combustível para o sistema de indução.

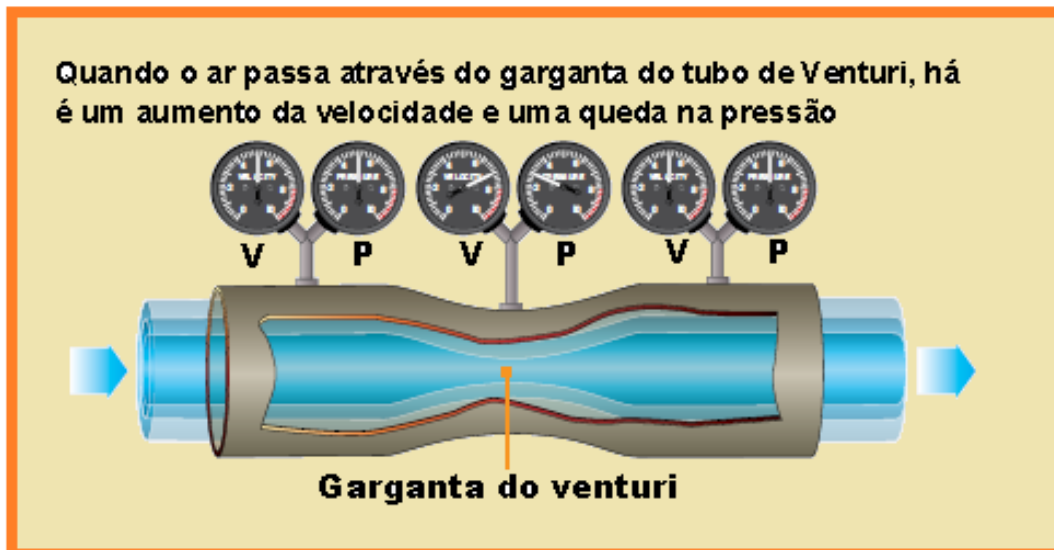
### **1.3 PRINCÍPIOS DA CARBURAÇÃO**

#### **Princípios do Venturi**

Os carburadores têm que medir o fluxo de ar através do sistema de indução, esta medição é usada para regular a massa de combustível descarregada dentro da massa de ar. A unidade medidora de ar é o Venturi, que faz uso de uma lei básica da física:

***"Quando a velocidade de um gás ou líquido aumenta, a pressão diminui."***

Como mostrado no diagrama de um Venturi simples (figura 3-4), isto é uma "via de passagem" ou tubo, no qual existe uma passagem estreita chamada de garganta.



Fonte: FAA - Aviation Maintenance Technician Handbook – Powerplant - Volume 1

Figura 3-4 Venturi simples.

Como a velocidade do ar é alta para passar através da passagem estreita, a pressão cai: nota-se que a pressão na garganta é menor do que em qualquer outra parte do Venturi.

A queda dessa pressão é proporcional a velocidade, e é usada para medida do fluxo de ar. O princípio básico de operação da maioria dos carburadores depende da pressão diferencial entre a entrada e a garganta do Venturi.

### Aplicação do Princípio de Venturi no Carburador

O carburador está montado no motor para que o ar, que vai para os cilindros, passe através do tubo, que é a parte do carburador que contém o Venturi. O tamanho e a forma do Venturi dependem das necessidades do motor para o qual o carburador é projetado. Um carburador para um motor de alta tração deve ter um Venturi GRANDE ou vários PEQUENOS.

O ar pode ter fluxos altos ou baixos no Venturi, dependendo do projeto do motor e do carburador. Aquele em que o ar passa para baixo são conhecidos como carburador de corrente descendente, e aquele que o ar passa para cima é chamado carburador de corrente ascendente.

O ar pode ser dirigido através de um tubo de borracha pela colocação de um terminal na boca, e exercendo a ação de sucção. Na verdade, a pressão no interior do tubo é menor, e a pressão atmosférica empurra o ar pela abertura da extremidade.

O fluxo de ar que passa através do sistema de indução ocorre da mesma maneira. Quando o pistão move o eixo de atuação no sentido da admissão, a pressão no cilindro é reduzida.

O ar é lançado através do carburador e é admitido na tubulação principal para o cilindro, devido a maior pressão na entrada do carburador. Mesmo um motor supercarregado com alta pressão no duto principal, será mantida baixa pressão.

A pressão atmosférica na entrada de ar empurra-o através do carburador para a entrada supercarregada.

A válvula aceleradora está localizada entre o Venturi e o motor.

Ligações mecânicas conectam esta válvula com o manete de aceleração na cabine de comando.

Através dos meios de aceleração, o fluxo de ar para os cilindros é regulado e controla a potência de saída do motor. (Esta é a válvula de aceleração no carburador de seu automóvel que abre quando você "pisa no pedal do acelerador").

Na verdade, quanto mais ar é admitido para o motor, o carburador automaticamente supre a gasolina adicional, suficiente para manter a correta razão combustível/ar. A válvula aceleradora faz uma pequena obstrução na passagem do ar quando está em paralelo com o fluxo. Esta é a posição totalmente aberta. A ação aceleradora é ilustrada na figura 3-5.

Nota-se que a restrição no fluxo de ar é maior quanto mais fechada estiver a válvula.

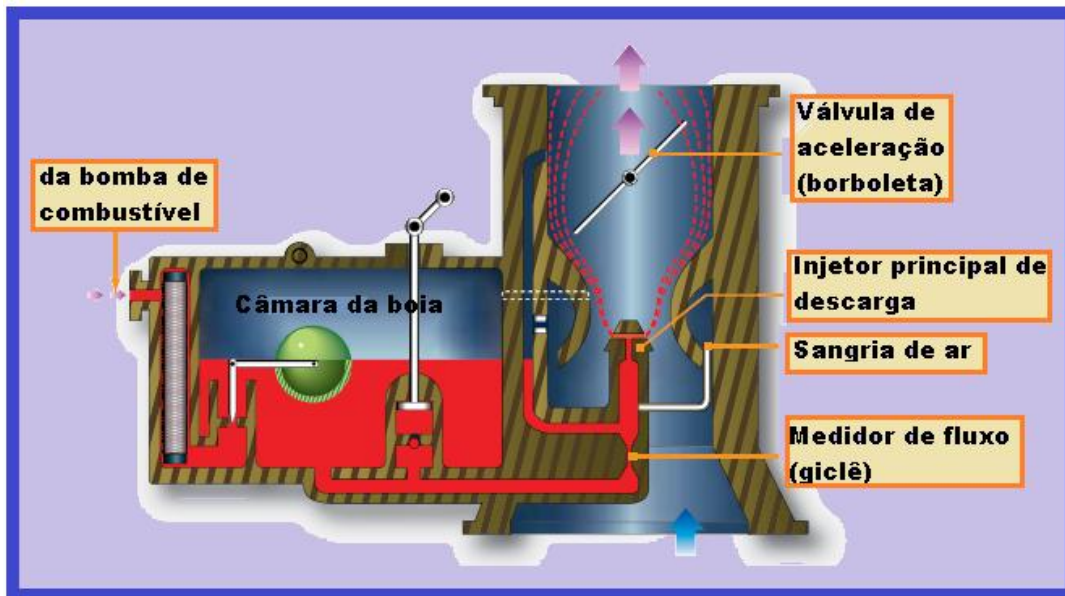


Fonte: FAA - Aviation Maintenance Technician Handbook – Powerplant - Volume 1

Figura 3-5 Ação aceleradora.

### **Medição e Descarga de Combustível**

Na ilustração é mostrada a descarga do combustível na corrente de ar (figura 3-6), localizada na entrada através da qual o combustível entra no carburador, vindo da bomba mecanicamente acionada (acionada pelo motor).



Fonte: FAA - Aviation Maintenance Technician Handbook – Powerplant - Volume 1

Figura 3-6 Descarga de combustível

A válvula de agulha operada por boia regula o fluxo através da entrada e esta via mantém o nível correto na câmara de combustível. Este nível deve ficar ligeiramente abaixo da saída do injetor de descarga, para prevenir transbordamento quando o motor não estiver funcionando. O injetor de descarga é localizado na garganta do Venturi, no ponto onde ocorre a maior queda de pressão quando o ar passa através do carburador para os cilindros do motor. Portanto, são duas pressões diferentes atuando no combustível no carburador: a baixa pressão no injetor de descarga e a alta pressão (atmosférica), na câmara de flutuação.

A alta pressão na câmara de flutuação força o combustível através do injetor de descarga para a massa de ar. Se o acelerador (válvula de aceleração) é totalmente aberto para aumentar o fluxo de ar para o motor, haverá uma grande queda de pressão na garganta do Venturi. Por causa da alta pressão diferencial, a descarga de combustível é aumentada em proporção ao aumento do fluxo de ar. Se o acelerador é movido no sentido da posição "FECHADA", o fluxo de ar e o fluxo de combustível diminuem.

O combustível deve passar através do jato medido (figura 3-6) para chegar ao injetor de descarga. O tamanho deste jato determina a razão da descarga de combustível para cada pressão diferencial. Se o jato é substituído por um maior, o fluxo de combustível aumentará, resultando em uma mistura rica. Se um jato menor é fornecido, isto deverá diminuir o fluxo de combustível e empobrecer a mistura.

#### 1.4 SISTEMAS DO CARBURADOR

Para proporcionar ao motor operação sobre várias cargas e diferentes velocidades, cada carburador possui seis (6) sistemas:

- 1 - Medidor principal;
- 2 - Marcha lenta;
- 3 - Acelerador;
- 4 - Controle de mistura;
- 5 - Corte de lenta;
- 6 - Potência de enriquecimento ou economizador.

Cada um desses sistemas possui uma função definida, podendo atuar sozinho com um ou mais de um dos outros.

O sistema de medição principal fornece combustível para o motor em todas as velocidades acima de marcha lenta.

O combustível descarregado por este sistema é determinado pela queda de pressão na garganta do Venturi.

Um sistema em separado é necessário para a marcha lenta porque o sistema principal de medição não é confiável nas velocidades muito baixas do motor. Nas baixas velocidades o acelerador está perto de fechado. Como resultado, a velocidade do ar através de Venturi é baixa e deverá ocorrer uma pequena queda na pressão.

Consequentemente, o diferencial de pressão não é suficiente para operar o sistema principal de medição e nenhum combustível é descarregado para o sistema. Por este motivo, a maioria dos carburadores possui um sistema de marcha lenta para suprir combustível nas baixas velocidades do motor.

O sistema de aceleração supre o motor com combustível extra durante o aumento na potência do motor. Quando o acelerador é aberto para obter mais tração do motor, o fluxo de ar através do carburador aumenta. O sistema principal de medição neste momento aumenta a descarga de combustível.

Durante a aceleração rápida, o aumento do fluxo de ar é rápido num tempo curto, não sendo suficiente para aumentar a descarga de combustível na razão correta de mistura com o novo fluxo de ar. Através do suprimento extra de combustível durante este período, o sistema de aceleração previne o empobrecimento da mistura e permite uma aceleração uniforme.

O sistema de controle de mistura determina a razão de combustível para o ar na mistura. Através de meios de controle na cabine de comando, o mecânico, piloto ou mecânico de voo pode selecionar a razão de mistura ajustando para as condições operacionais. Em adição a estes controles manuais, muitos carburadores possuem controles automáticos de mistura para que a razão combustível/ar, uma vez selecionado, não troque com as variações na densidade do ar. Isto é necessário, porque o avião sobe e a pressão atmosférica diminui, correspondendo à diminuição no peso do ar que passa através do sistema de indução.

O volume, contudo, permanece constante. O carburador tende a manter a mesma massa de combustível para este ar rarefeito, como para o ar mais denso ao nível do mar. Deste modo, a tendência natural desta mistura é tornar-se rica quando o avião ganhar altitude. O controle automático de mistura previne isto através da redução da razão da descarga de combustível, para compensar esta diminuição da densidade do ar.

O carburador possui um sistema de corte de lenta para que o combustível possa ser cortado na parada do motor. Este sistema, incorporado ao controle manual de mistura, corta a descarga do combustível do carburador completamente, quando a manete de controle de mistura é colocada na posição "IDLE CUT OFF".

Em alguma discussão do sistema de corte de lenta, esta questão usualmente vem à tona. Porque o motor de um avião é parado através do corte de combustível e não pelo sistema de ignição? Para responder esta questão, é necessário que se examine o resultado de ambos os métodos. Se a ignição é desligada com o carburador mantendo o suprimento de combustível, a nova mistura combustível/ar continua a passar através do sistema de indução para os cilindros e com isto o motor demora a parar. Se o motor estiver excessivamente quente, esta mistura de combustível pode continuar queimando através de pontos quentes nas câmaras de combustão e o motor pode manter-se funcionando ou funcionando irregularmente. Novamente, a mistura pode passar para fora do cilindro sem ser queimada, mas ser inflamada no tubo quente de escape.

Frequentemente, contudo, o motor poderá ter uma parada aparentemente normal, mas ter mistura de combustível nas passagens de indução, nos cilindros e nos sistemas de descarga. Esta é uma condição insegura, desde que o motor possa se manter funcionando irregularmente após ter parado, causando sérios danos para alguém perto da hélice.

Quando o motor é cortado por meio do sistema de corte de lenta, as velas de ignição continuam a centelhar na mistura ar/combustível até que a descarga de combustível do carburador cesse. Isto apenas deverá evitar que o motor pare com mistura de combustível nos cilindros.



Alguns fabricantes de motor sugerem que pouco antes das hélices pararem de girar, o acelerador seja totalmente aberto para que os pistões possam bombear ar fresco através do sistema de indução, dos cilindros e do sistema da descarga. Após o motor estar completamente parado, a chave de ignição é retornada para a posição "OFF".

O sistema de enriquecimento de potência automaticamente aumenta o volume de combustível da mistura durante a operação com alta potência. Desta maneira, é possível fazer a variação da razão combustível/ar necessária para as diferentes condições operacionais. Nas velocidades de cruzeiro, misturas pobres são desejáveis por razões econômicas, enquanto em alta potência a mistura deve ser rica para obter o máximo de força e ajudar a refrigeração do motor.

O sistema de enriquecimento automático causa a troca necessária na razão combustível/ar. Essencialmente, isto é uma válvula que é fechada para as velocidades de cruzeiro e aberta para suprir combustível a mais para a mistura nas operações com alta potência.

Através deste aumento do fluxo de combustível nas altas trações, o sistema de enriquecimento é atualmente um meio de economizar combustível. Sem este sistema, seria necessário operar o motor com mistura rica durante toda a variação de potência. A mistura deve ser tão rica quanto necessário na velocidade de cruzeiro, para assegurar uma operação segura na tração máxima.

O sistema de enriquecimento de potência é chamado de "economizador" ou um "compensador de potência".

Apesar dos vários sistemas, que devem ser discutidos separadamente, o carburador funciona como uma unidade. O fato de um sistema estar em operação não necessariamente previne o funcionamento de outro.

Ao mesmo tempo em que o sistema principal de medição descarrega combustível em proporção para o fluxo de ar, o sistema de controle de mistura determina se a mistura resultante deverá ser RICA ou POBRE.

Se o acelerador for bruscamente aberto, os sistemas de aceleração e enriquecimento de potência atuam para adicionar combustível ao que está sendo descarregado, através do sistema principal de medição.

## **1.5 TIPOS DE CARBURADOR**

Na discussão dos princípios básicos do carburador, o combustível era mostrado armazenado na cuba de boia, e descarregado pelo injetor localizado na garganta do Venturi. Com adição

de alguns poucos detalhes para torná-lo mais viável, isto torna o sistema principal de medição em um carburador tipo BOIA.

Este tipo de carburador, completo com sistemas de marcha lenta, acelerador, controle de mistura, corte de marcha lenta e sistemas de enriquecimento, é provavelmente o mais comum de todos os tipos de carburador.

Contudo, o carburador tipo boia possui várias desvantagens. Em primeiro lugar, é só imaginar o efeito que a operação brusca tem sobre a ação da boia. Em segundo lugar, o fato de que este combustível deve ser descarregado em baixa pressão, conduzindo uma vaporização incompleta e dificultando a descarga de combustível em alguns tipos de sistemas sobrecarregados. A principal desvantagem do carburador de boia, contudo, é sua tendência a congelamento.

Desde que o carburador de boia deva descarregar combustível no ponto de baixa pressão, o injetor de descarga deve estar localizado na garganta do Venturi e a válvula aceleradora deve estar no motor ao lado do injetor de descarga. Isto quer dizer que a queda de temperatura, devido à vaporização do combustível, tem lugar dentro do Venturi. Como resultado, o gelo forma-se rapidamente no Venturi e na válvula aceleradora.

O carburador tipo pressão descarrega o combustível na massa de ar a uma pressão bem acima da atmosférica. Isto resulta na melhor vaporização e permite a descarga do combustível na massa de ar do motor ao lado da válvula aceleradora.

Com o injetor de descarga localizado neste ponto, a queda da temperatura devido à vaporização do combustível se dá após o ar ter passado a válvula aceleradora neste ponto, onde o aquecimento do motor tende a compensar o problema. Portanto, o perigo do combustível vaporizado congelar está praticamente eliminado.

Os efeitos da rápida atuação e do ar irregular nos carburadores tipo pressão são negligenciáveis desde que as câmaras permaneçam preenchidas (cheias) sobre todas as condições operacionais.

## **1.6 CONGELAMENTO DO CARBURADOR**

Existem três (03) classificações gerais de congelamento de carburador que são comuns para todas as aeronaves:

- (1) Gelo na evaporação do combustível;
- (2) Gelo na borboleta do acelerador;
- (3) Gelo de impacto.

Gelo na evaporação do combustível ou gelo na refrigeração é formado por causa da diminuição na temperatura de ar, resultante da evaporação do combustível após ele ser introduzido na massa de ar. Isto frequentemente ocorre naqueles sistemas onde o combustível é injetado na corrente de ar do acelerador do carburador, como no caso dos carburadores tipo boia.

Motores que empregam "SPINNER" ou impelidor de injeção de combustível estão livres deste tipo de gelo, exceto aqueles que possuem aletas de curva (para trocar a direção do fluxo) na entrada para o impelidor. Neste tipo, o gelo pode ser depositado nas aletas de curva. Gelo de refrigeração pode ser formado em temperaturas de ar acima de 100°F em torno da maior variação nas condições de umidade da atmosfera, igual à umidade relativa favorável abaixo de 100%. Geralmente, o gelo da evaporação do combustível tenderá a acumular-se no injetor de distribuição do combustível, nas aletas de curva e em qualquer protuberância no carburador. Este tipo de gelo pode baixar a pressão do duto principal, interferir com o fluxo de combustível e afetar a distribuição da mistura.

O gelo na borboleta do acelerador é formado no lado traseiro, usualmente quando a borboleta está parcialmente na posição "FECHADA". A precipitação de ar através e ao redor da válvula de borboleta causa baixa pressão no lado traseiro. Isto determina uma pressão diferencial, com a qual temos o efeito de refrigeração na carga combustível / ar. Umidade congelada nesta área de baixa pressão é coletada como gelo.

O gelo da borboleta tende a acumular-se na passagem restrita. A ocorrência de uma pequena quantidade de gelo pode causar uma redução no fluxo de ar e no duto principal de pressão. Um acúmulo grande de gelo pode causar trancamento dos aceleradores e uma condição para ficarem inoperantes. Gelo nos aceleradores raramente ocorre em temperaturas acima de 38°F.

O gelo de impacto é formado através da presença de água na atmosfera em forma de neve, chuva ou líquido de refrigeração, que é condensado nas superfícies que chegam a temperaturas abaixo de 30°F. Devido aos efeitos de inércia, o gelo de impacto se forma perto da superfície que troca a direção do fluxo de ar. Este tipo de gelo pode formar-se na curva interna, no filtro do carburador e nos elementos de medição. O mais perigoso gelo de impacto é aquele que se forma no filtro do carburador e causa um rápido estrangulamento do fluxo de ar e da potência. Em geral, o perigo do gelo de impacto existe apenas quando ele se forma nos bordos de ataque da estrutura do avião.

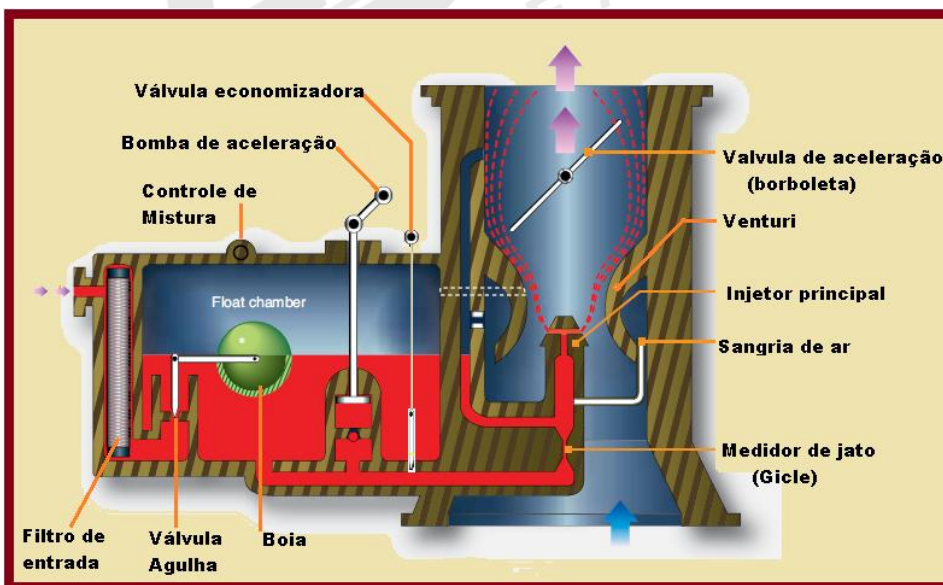
Sob certas condições, o gelo pode entrar no carburador em estado comparativamente seco, não aderindo ao filtro ou paredes, por isso, não afetando o fluxo de ar do motor ou a pressão do duto principal.

Este gelo pode entrar no carburador e, gradualmente, obstruir passagens e afetando suas características de medição.

## 1.7 CARBURADORES TIPO BOIA

Um carburador tipo boia consiste essencialmente de uma passagem principal de ar, através da qual o motor extrai seu suprimento de ar, um mecanismo para controle de quantidade de combustível descarregado em relação ao fluxo de ar e um modo de regulação da quantidade da mistura combustível/ar liberado para os cilindros do motor.

As partes essenciais do carburador tipo boia estão ilustradas na figura 3-7. Estas partes são:



Fonte: FAA - Aviation Maintenance Technician Handbook – Powerplant - Volume 1

Figura 3-7 Carburador tipo boia.

- (1) O mecanismo da boia e sua câmara;
- (2) O sistema principal de medição;
- (3) O sistema de marcha lenta;
- (4) O sistema de controle de mistura;
- (5) O sistema de aceleração;
- (6) O sistema economizador.

### Mecanismo da Boia

A câmara de flutuação está colocada entre o suprimento de combustível e o sistema de medição do carburador. A câmara de flutuação fornece um nível de combustível aproximadamente constante para o injetor principal de descarga.

Este nível é usualmente em torno de 1/8 de polegada abaixo dos orifícios no injetor principal de descarga.

O nível de combustível deve ser mantido ligeiramente abaixo dos orifícios de saída do injetor de descarga, para manter a correta quantidade de fluxo de combustível e para prevenir vazamento de combustível pelo injetor quando o motor estiver parado.

O nível do combustível na câmara de flutuação é mantido aproximadamente constante por meio de uma válvula de agulha operada pela boia e uma sede.

A sede da agulha é usualmente feita em bronze.

A válvula de agulha é construída de aço duro ou pode ter uma seção de borracha sintética, a qual serve de sede. Com a câmara de flutuação sem combustível, a boia cai para a parte inferior da câmara e mantém a válvula de agulha totalmente aberta.

Quando o combustível é admitido da linha de suprimento, a boia se eleva, fechando a válvula quando o combustível chega ao nível pré-determinado.

Quando o motor está funcionando e o combustível está sendo arrastado para fora da câmara de flutuação, a válvula assume uma posição intermediária até que a abertura da válvula seja suficiente para suprir a quantidade de combustível suficiente e manter o nível constante.

Com o combustível no nível correto, a razão de descarga é controlada corretamente pela velocidade do ar, através do carburador e da pressão atmosférica, na parte superior do combustível na câmara de flutuação.

A ventilação, ou pequena abertura na parte superior da câmara de flutuação, libera o ar para entrar ou sair da câmara quando o nível de combustível se eleva ou cai.

Esta passagem de ventilação é aberta para a tomada de ar do motor. Deste modo, a pressão do ar na câmara é sempre a mesma da existente no ar de admissão.

### **Sistema Principal de Medição**

O sistema principal de medição fornece combustível para o motor em todas as velocidades acima da marcha lenta, e consiste de:

- (1) Venturi;

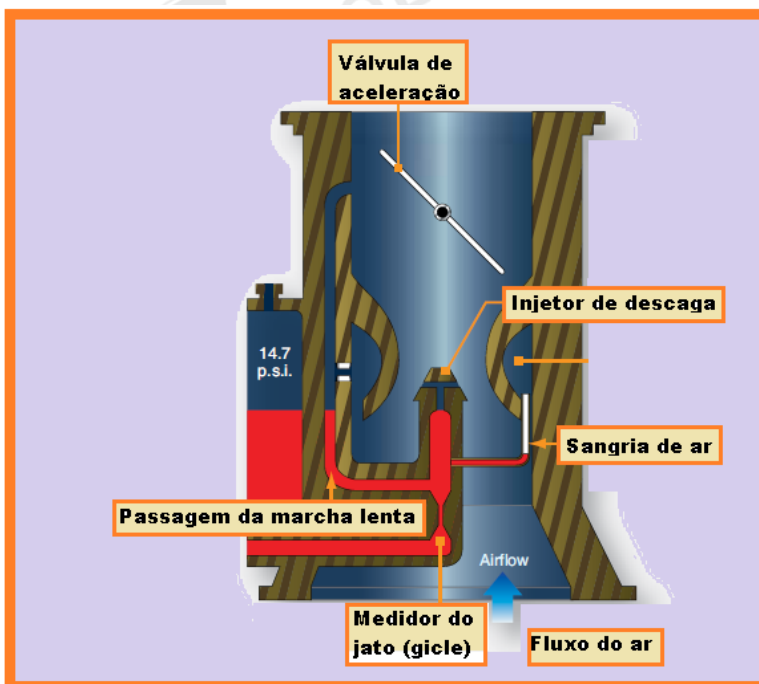
- (2) Jato principal de medição;
- (3) Injetor principal de descarga;
- (4) Passagem direcional para o sistema de marcha lenta;
- (5) Válvula de aceleração (borboleta).

Visto que a válvula aceleradora controla a massa do fluxo de ar através do Venturi do carburador, ela pode ser considerada a maior unidade no sistema principal de medição, assim como nos outros sistemas do carburador.

Um típico sistema principal de medição é ilustrado na figura 3-8.

O Venturi executa 3 funções:

- (1) Dosa a mistura combustível/ar;
- (2) Diminui a pressão no injetor de descarga;
- (3) Limita o fluxo de ar em tração máxima.



Fonte: FAA - Aviation Maintenance Technician Handbook – Powerplant - Volume 1

Figura 3-8 Sistema principal de medição.

O injetor de descarga de combustível está localizado na garganta do carburador, de modo que sua abertura fique na passagem de combustível, entre a câmara de flutuação e o injetor de descarga, para limitar o fluxo de combustível quando a válvula aceleradora estiver totalmente aberta. Quando o eixo de manivelas é girado com o acelerador do carburador



aberto, a baixa pressão criada no duto principal de entrada atua no ar que passa através da garganta do carburador. Devido a esta diferença na pressão entre a atmosfera e o duto principal de admissão, o ar deverá fluir da entrada de ar através da garganta do carburador para o duto principal de admissão. O volume do fluxo de ar depende do grau de abertura do acelerador.

Quando o ar flui através do Venturi, sua velocidade aumenta. Esta velocidade cria uma área de baixa pressão na garganta do Venturi. O injetor de descarga de combustível é exposto para esta baixa pressão.

Visto que a câmara de flutuação é ventilada para a pressão atmosférica, uma pressão baixa ao redor do injetor de descarga é criada. Esta diferença de pressão ou força de medição, é que causa o fluxo de combustível do injetor de descarga.

O combustível sai do injetor como uma fina névoa (atomizado), e minúsculas partículas de combustível da névoa rapidamente se vaporizam no ar.

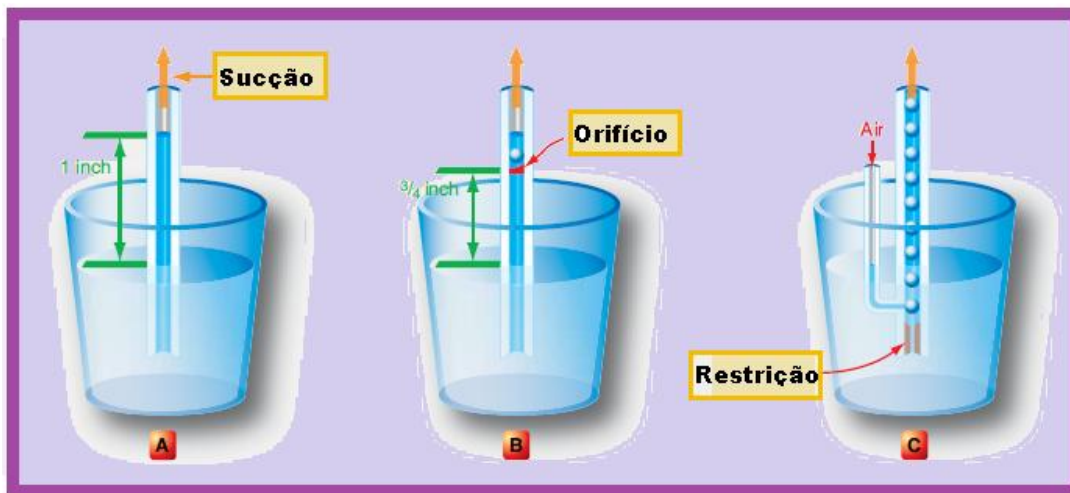
A força de medição na maioria dos carburadores é aumentada quando a abertura do acelerador é aumentada. Uma queda de pressão de pelo menos 0,5 pol de Hg é necessária para elevar o combustível no injetor de descarga, até o nível onde ele será descarregado na massa de ar.

Nas baixas velocidades do motor, quando a força de medição é consideravelmente reduzida, o combustível liberado para o injetor de descarga deve diminuir se uma sangria de ar (jato de medição de ar) não estiver incorporada ao carburador.

A redução do fluxo de combustível em relação ao fluxo de ar é devido a dois fatores:

- (1) O combustível tende a aderir às paredes do injetor de descarga e ocorrem precipitações de grandes gotas ao invés da névoa fina;
- (2) Uma parte da força de medição é necessária para elevar o nível de combustível, do nível da câmara de flutuação para a saída do injetor de descarga.

O princípio básico de sangria de ar pode ser explicado através de diagramas simples, como mostrado na figura 3-9. Em cada caso, o mesmo grau de sucção é aplicado no tubo vertical colocado no recipiente do líquido. A sucção aplicada na parte superior do tubo é suficiente para manter o líquido a uma distância em torno de 1 polegada, acima da superfície.



Fonte: FAA - Aviation Maintenance Technician Handbook – Powerplant - Volume 1

Figura 3-9 Princípio da sangria de ar.

Se um pequeno furo é feito no lado do tubo, acima da superfície do líquido, como na opção "B", e a sucção é aplicada, bolhas de ar deverão entrar no tubo e o líquido deverá ser arrastado para cima, em uma série contínua de pequenas bolhas ou gotas. Portanto, sangria de ar entra no tubo e reduz parcialmente a força, tendendo a retardar o fluxo de líquido através do tubo. Contudo, uma abertura grande no fundo do tubo efetivamente previne que algum volume de sucção seja exercido no orifício de sangria de ar ou ventilação.

Similarmente, o orifício de sangria de ar, que está muito grande em proporção a medida do tubo, deve reduzir a sucção disponível para levantar o líquido. Se o sistema é modificado através da colocação de um furo calibrado no fundo do tubo e o ar é tomado abaixo do nível do combustível através de um tubo de sangria de ar, há uma divisão entre o ar e o líquido no tubo, como mostrado na opção "C".

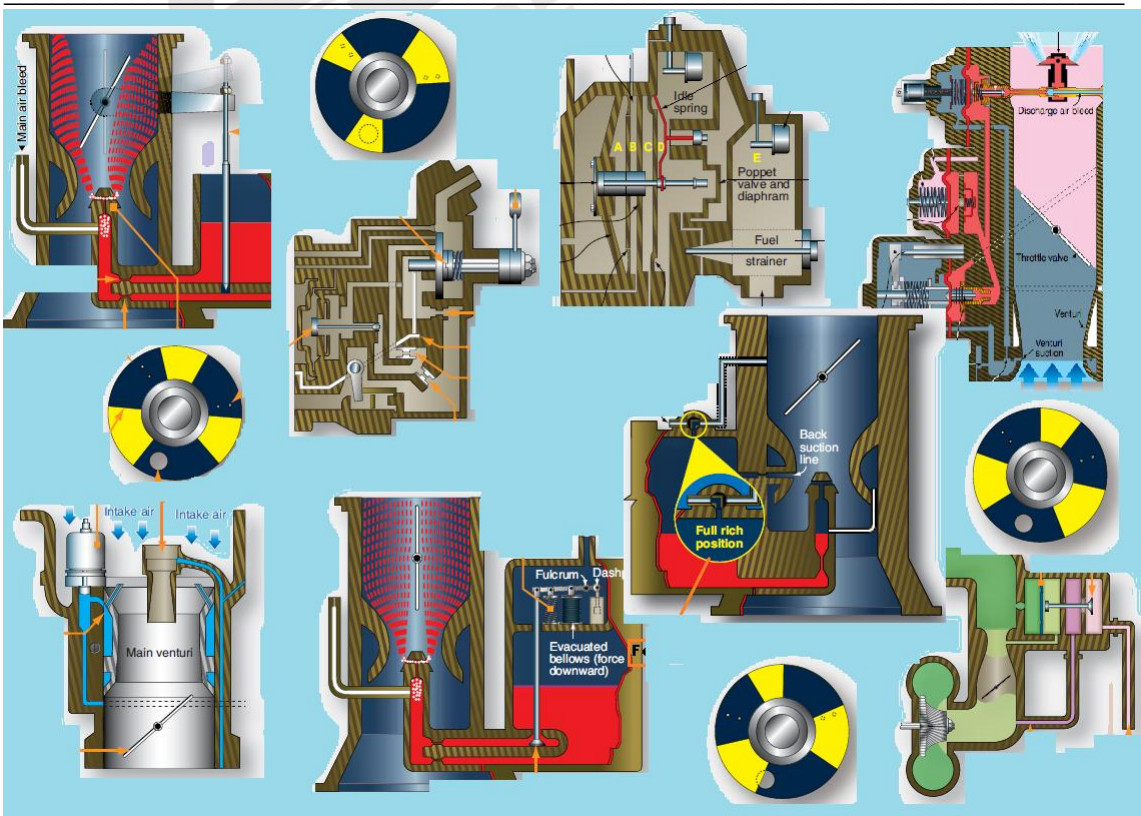
No carburador, uma pequena sangria de ar é introduzida no injetor de combustível, ligeiramente abaixo do nível. O terminal da abertura do ar de sangria está no espaço atrás da parede do Venturi, onde o ar é relativamente sem movimento.

A baixa pressão na ponta do injetor não apenas arrasta o combustível da câmara de flutuação, mas também arrasta o ar de trás do Venturi.

O ar sangrado para o sistema principal de medição de combustível diminui a densidade deste e destrói a tensão da superfície. Isto resulta em melhor vaporização e controle da descarga de combustível, especialmente nas baixas velocidades do motor.

O acelerador, ou válvula borboleta, está localizado na parte inferior do tubo de Venturi. Isto proporciona um meio de controle da velocidade do motor, ou potência de força, pela regulagem do fluxo de ar para o motor. A válvula é um disco que pode girar num eixo, de





Fonte: Vanderlei dos Reis

## MÓDULO II

### PRINCÍPIO DA CARBURAÇÃO (continuação)

## INTRODUÇÃO

Caro aluno,

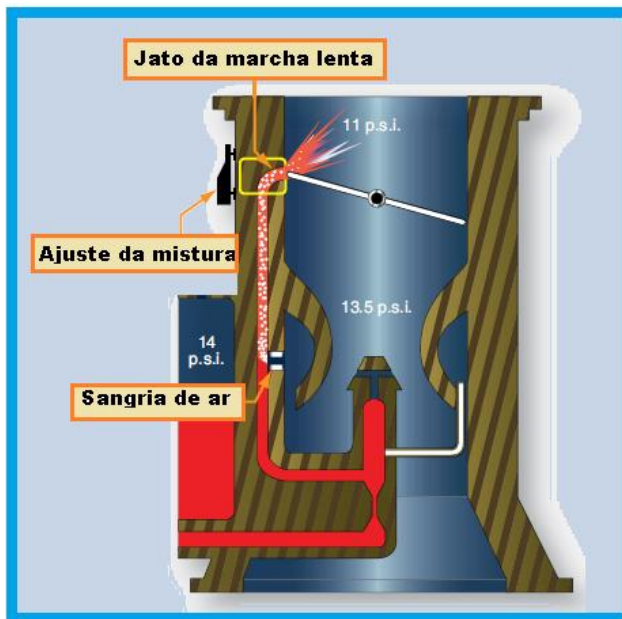
No módulo anterior vimos o princípio de funcionamento do carburador tipo boia, bem como, os sistemas que fazem parte da operação do mesmo. Neste módulo daremos continuidade ao estudo destes sistemas, iniciando com sistema de marcha lenta e após, entraremos em carburadores de pressão.

Vamos lá!!

### **Sistema de Marcha Lenta**

Com a borboleta do carburador fechada nas velocidades de marcha lenta, a velocidade de ar através do Venturi é tão baixa que não pode arrastar o combustível suficiente do injetor principal. Este fato pode parar a atomização do combustível completamente. Contudo, a baixa pressão (sucção do pistão) existe no motor ao lado da borboleta.

Para permitir que o motor opere em marcha lenta, uma passagem de combustível é incorporada para a descarga de combustível de uma abertura na área de baixa pressão, próximo da borda da borboleta do carburador. Esta abertura é chamada jato de marcha lenta. Com a borboleta aberta o suficiente, de modo que o injetor principal de descarga esteja operando, o combustível não sai do sistema de marcha lenta. Tão logo a borboleta é fechada o suficiente para parar a atomização do injetor principal de descarga, o combustível flui do sistema de marcha lenta.



Fonte: FAA - Aviation Maintenance Technician Handbook – Powerplant - Volume 1

Figura 3-10 Sistema de marcha lenta.

Uma sangria de ar separada, conhecida como ar de sangria de marcha lenta, é incluída como parte do sistema de marcha lenta. O funcionamento é o mesmo que o da sangria de marcha principal. Um mecanismo de ajuste de mistura de lenta é também incorporado. Um sistema típico de marcha lenta é ilustrado na Figura 3-10.

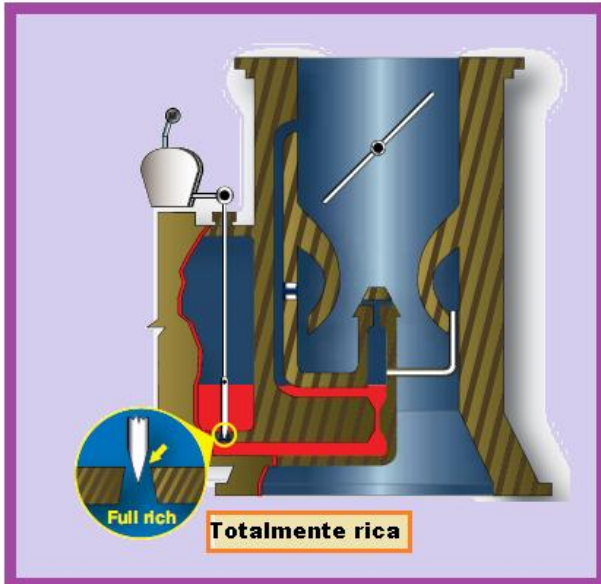
### Sistema de Controle de Mistura

Quando a altitude aumenta, o ar fica menos denso. Em uma altitude de 18.000 pés, o ar possui apenas a metade da densidade que tinha ao nível do mar. O pé cúbico de espaço contém apenas a metade do mesmo ar a 18.000 pés do que ao nível do mar. Um cilindro de motor cheio de ar a 18.000 pés contém apenas a metade do oxigênio se comparado ao cilindro cheio de ar ao nível do mar.

A área de baixa pressão criada pelo Venturi é mais dependente da velocidade do que da densidade do ar. A ação do Venturi arrasta o mesmo volume de combustível através do injetor de descarga, em baixas ou em altas altitudes. Por este motivo, a mistura é enriquecida quando a altitude aumenta. Isto pode ser superado manualmente, ou com um controle automático de mistura.

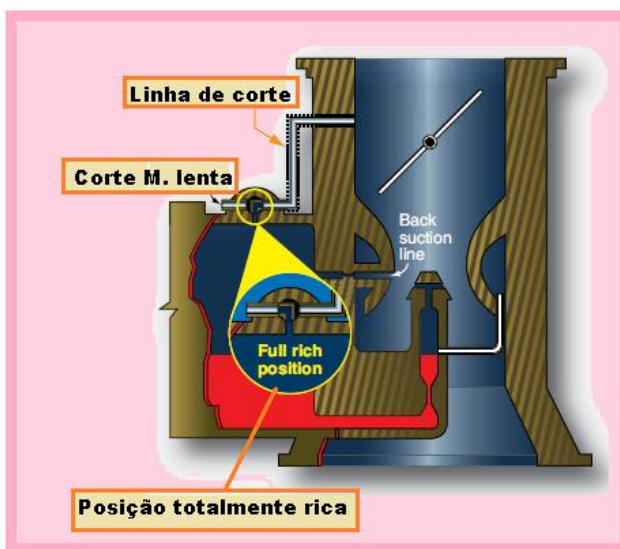


Nos carburadores tipo boia existem dois (2) tipos de mecanismos controlados manualmente da cabine. São em geral usados para controlar as misturas combustível/ar: o tipo agulha e o tipo sucção traseira. Os dois (2) tipos são ilustrados na figura 3-11 e 3-12.



Fonte: FAA - Aviation Maintenance Technician Handbook – Powerplant - Volume 1

Figura 3-11 Sistema de controle de mistura tipo agulha.



Fonte: FAA - Aviation Maintenance Technician Handbook – Powerplant - Volume 1

Figura 3-12 Sistema de controle tipo sucção traseira.

Com o sistema tipo agulha, o controle manual é fornecido através de uma válvula de agulha na base da câmara de flutuação (figura 311). Esse sistema pode ser aumentado ou diminuído através de um controle de ajuste na cabine de comando. Movendo o controle para "RICH",

abre-se a válvula de agulha totalmente, o que permite que o fluxo de combustível seja irrestrito para o injetor. Movendo o controle para "LEAN", fecha-se uma parte da válvula e restringe-se o fluxo de combustível para o injetor.

O sistema tipo sucção traseira é o mais usado. Nesse sistema (figura 3-12), certo volume de baixa pressão do Venturi atua acima do combustível na câmara de flutuação, até que isto se oponha à baixa pressão existente no injetor principal de descarga. Uma linha atmosférica, incorporando uma válvula ajustável, abre a entrada para a câmara da boia.

Quando a válvula está completamente fechada, a pressão do combustível na câmara de flutuação e no injetor de descarga são quase equalizados e o fluxo de combustível é reduzido para o máximo de mistura pobre. Com a válvula totalmente aberta, a pressão do combustível na câmara de flutuação é maior e a mistura de combustível é enriquecida.

O controle da mistura é feito ajustando-se a válvula entre estes dois extremos. O quadrante na cabine de comando é usualmente marcado "LEAN", perto do batente traseiro e "RICH", no batente dianteiro. A posição extrema traseira é marcada com "IDLE CUT OFF" e é usada quando o motor é cortado.

Nos carburadores tipo boia equipados com controle de mistura tipo agulha, ao colocar o controle de mistura na posição de "CORTE DE LENTA", a válvula de agulha acomoda-se na sua sede, cortando o fluxo de combustível completamente.

Nos carburadores equipados com controle de mistura tipo sucção traseira, uma linha exclusiva de "CORTE DE LENTA" que conduz para um extremo de baixa pressão no lado do motor da válvula aceleradora, está incorporada. (ver a linha pontilhada na figura 312).

O controle da mistura é ligado a essa linha quando é colocado na posição "IDLE CUTOFF", abrindo outra passagem que comanda o pistão de sucção. Quando o controle da mistura é colocado em outras posições, faz com que a válvula abra a passagem, conduzindo para a atmosfera.

Ao parar o motor com tal sistema, fecha-se a válvula aceleradora e coloca-se a chave da mistura na posição "IDLE CUTOFF". O acelerador (borboleta) é mantido fechado até que o motor tenha parado de girar, voltando a abrir o acelerador completamente.

### **Sistema de Aceleração**

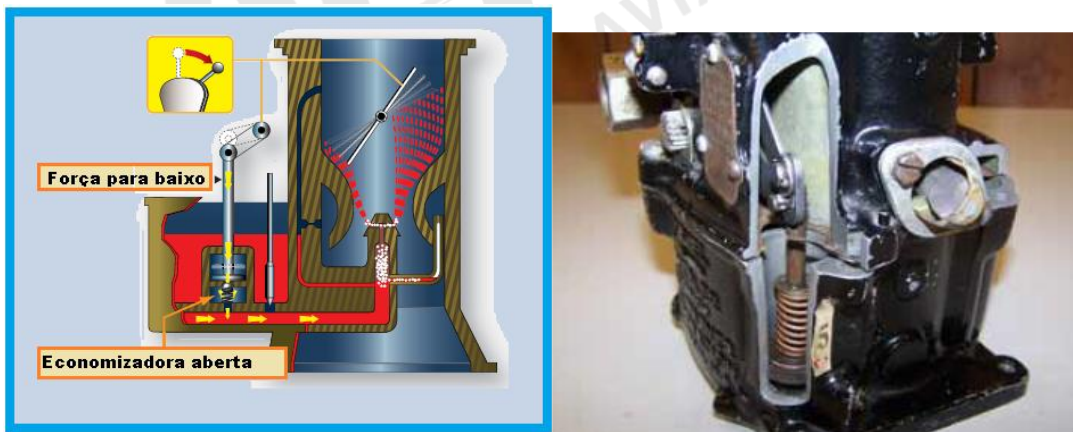
Quando a válvula aceleradora é aberta rapidamente, um grande volume de ar precipita-se através da passagem de ar do carburador. Contudo, a quantidade de combustível que está misturada com o ar é menor que a quantidade normal devido à razão de resposta lenta do

sistema principal de medição. Como resultado, depois da rápida abertura do acelerador, a mistura combustível/ar empobrece momentaneamente.

Para vencer esta tendência, o carburador é equipado com uma pequena bomba de combustível, chamada bomba de aceleração. Um tipo comum de sistema de aceleração, usado no carburador de boia, é ilustrado na figura 3-13.

Esse sistema consiste de uma bomba de pistão simples, operado através de haste pelo controle do acelerador e uma linha abrindo no sistema principal de medição ou na garganta perto do Venturi.

Quando o acelerador é fechado, o pistão se move para baixo, e o combustível enche o cilindro.



Fonte: FAA - Aviation Maintenance Technician Handbook – Powerplant - Volume 1

Figura 3-13 Sistema de aceleração.

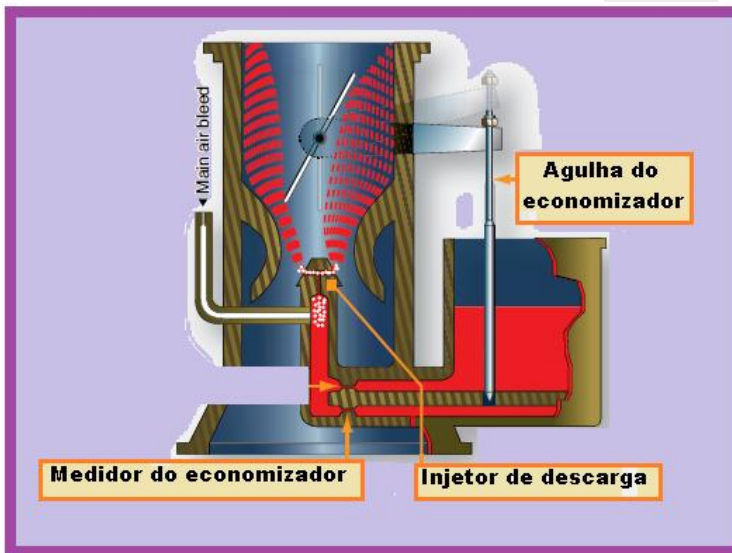
Se o pistão é empurrado para frente, lentamente, ele vaza através de uma passagem para a câmara de flutuação, mas se for empurrado rapidamente, irá emitir uma carga de combustível e enriquecer a mistura no Venturi.

### Sistema Economizador

Para um motor desenvolver o máximo de potência com o acelerador totalmente aberto, a mistura de combustível deve ser mais rica do que a do Cruzeiro. O combustível adicional é usado para refrigerar o motor e prevenir detonação.

Um economizador é, essencialmente, uma válvula que é fechada para se colocar abaixo de 60 a 70% da razão de potência. Esse sistema, assim como o sistema de aceleração, é operado pelo controle de aceleração.

Um sistema economizador típico é mostrado na figura 3-14. Consiste de uma válvula de agulha que começa na abertura, quando a válvula aceleradora chega a um determinado ponto perto da posição de abertura máxima.

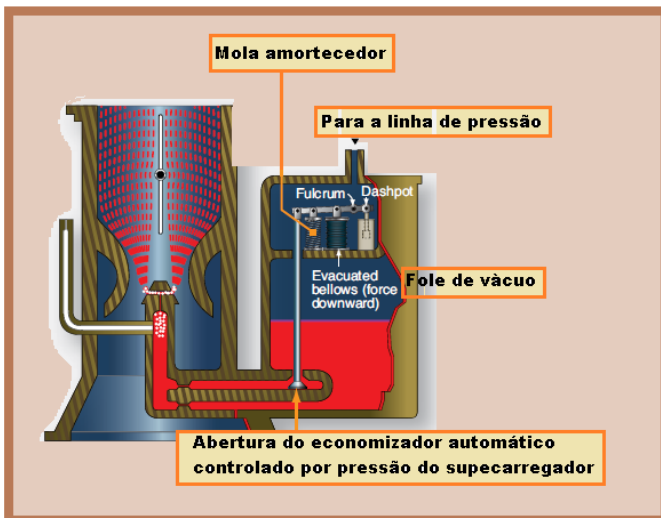


Fonte: FAA - Aviation Maintenance Technician Handbook – Powerplant - Volume 1

Figura 3-14 Sistema economizador tipo válvula de agulha.

Como o acelerador continua a abrir, a válvula de agulha abrirá e um combustível adicional fluirá através dela. Esse combustível adicional suplementa o fluxo do jato principal de medição diretamente para o injetor principal de descarga.

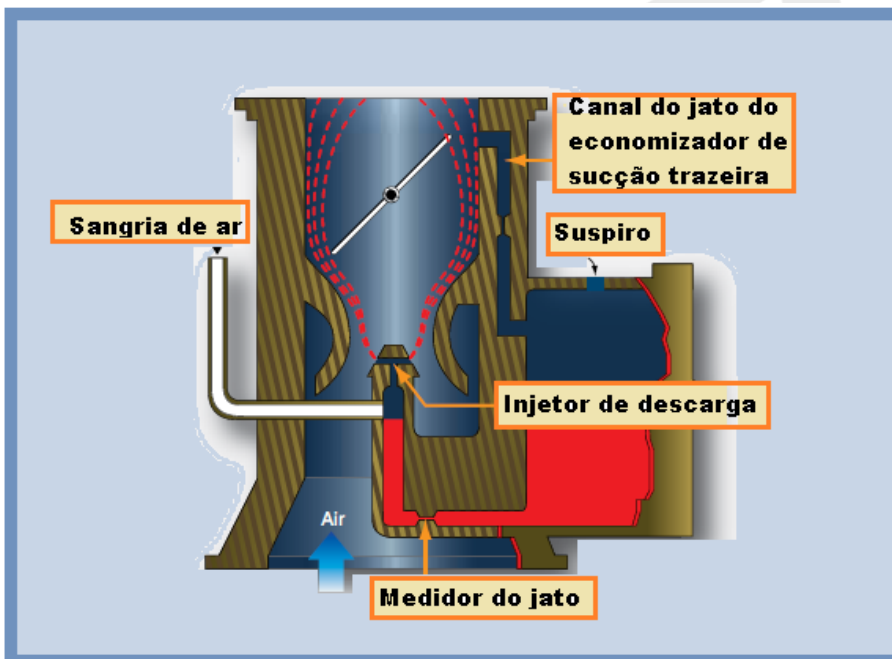
Um sistema economizador, operado por pressão, é mostrado na figura 3-15. Este tipo possui uma cápsula selada localizada no compartimento interno. O compartimento é ventilado para o duto principal de pressão do motor. Quando a pressão do duto chega a certo valor, a cápsula é comprimida e abre a válvula na passagem de combustível no carburador, suplementando a quantidade normal de combustível que é descarregada através do injetor principal.



Fonte: FAA - Aviation Maintenance Technician Handbook – Powerplant - Volume 1

Figura 3-15 Sistema economizador operado por pressão.

Outro tipo de economizador é o sistema de sucção traseira mostrado na figura 3-16. A economia de combustível em Cruzeiro é proporcionada pela redução da pressão efetiva de atuação no nível de combustível, no compartimento da boia. Com a válvula aceleradora na posição de Cruzeiro, a sucção é aplicada na câmara de flutuação através de um orifício economizador e através do jato e do canal economizador tipo sucção traseira.



Fonte: FAA - Aviation Maintenance Technician Handbook – Powerplant - Volume 1

Figura 3-16 Sistema economizador do tipo sucção traseira.

A sucção, assim aplicada na câmara de flutuação, opõe-se à sucção do injetor aplicada pelo Venturi. O fluxo de combustível é reduzido, desse modo empobrecendo a mistura para a economia em Cruzeiro.

Outro tipo de sistema de controle de mistura usa uma válvula medidora, que é livre para girar em uma luva de medição estacionária. O combustível entra nos sistema principal e de lenta através de um rasgo feito na luva de mistura (mixture sleeve).

O combustível medido é acompanhado por um posicionamento relativo entre um dos cantos do rasgo na cavidade da válvula medidora e um dos cantos do rasgo na luva de medição. Movendo o controle de mistura para reduzir o tamanho do rasgo, obtém-se uma mistura pobre para compensação de altitude.

## **2.1 CARBURADORES DE INJEÇÃO DE PRESSÃO**

Os carburadores de injeção de pressão são distintamente diferentes dos carburadores tipo boia, sendo assim, eles não têm incorporada uma ventilação na câmara de flutuação ou pickup de sucção do injetor de descarga, localizado no tubo de venturi. Em lugar disso, um sistema de pressurização de combustível é fornecido, e fechado da bomba combustível do motor para o injetor de descarga.

O Venturi serve apenas para criar uma pressão diferencial, a fim de controlar a quantidade de combustível para o jato, medido em proporção ao fluxo de ar para o motor.

### **Carburador de Injeção Típico**

O carburador de injeção é um mecanismo hidromecânico, empregando um sistema de alimentação fechada, da bomba de combustível para o injetor de descarga. Esse carburador mede o combustível através do jato, de acordo com a massa de fluxo de ar, e através do corpo da aceleradora, descarregando sob pressão positiva.

A ilustração na figura 3-17 representa um carburador do tipo pressão simplificada. Para ser melhor entendido são mostradas apenas as partes básicas.

Nota-se que as duas pequenas passagens, uma conduzindo a entrada de ar do carburador para o lado esquerdo do diafragma flexível e a outra, da garganta do Venturi para o lado direito do diafragma.

Quando o ar passa através do carburador para o motor, a pressão na direita do diafragma é liberada por causa da queda da pressão na garganta do Venturi. Como resultado, o diafragma move-se para a direita, abrindo a válvula de combustível.

A pressão da bomba acionada pelo motor força o combustível através da abertura da válvula para o injetor de descarga, onde será pulverizado na massa de ar. A distância da abertura da válvula de combustível é determinada pela diferença entre as duas pressões atuantes no diafragma. Essa diferença de pressão é proporcional ao fluxo de ar através do carburador. Portanto, o volume de fluxo de ar determina a razão do combustível de descarga.

O carburador tipo injeção de pressão é composto das seguintes unidades:

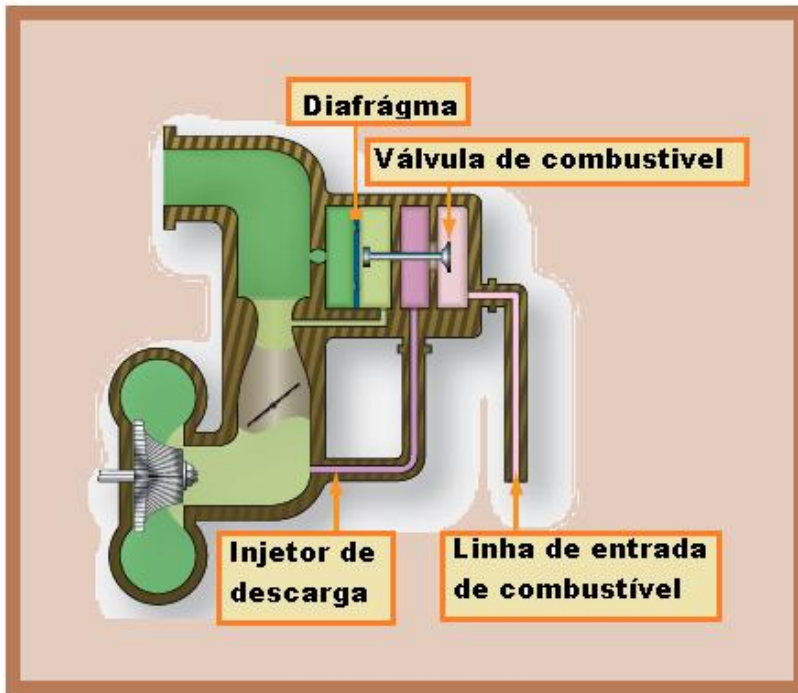
- (1) Corpo do acelerador;
- (2) Controle automático de mistura;
- (3) Unidade Reguladora;
- (4) Unidade de controle de combustível; algumas são equipadas com um adaptador.

### **Corpo do Acelerador**

O corpo do acelerador contém as válvulas de borboleta, o Venturi principal, Venturi de apoio e tubos de impacto. Todo o ar que entra nos cilindros deve fluir através do corpo do acelerador, por isso este é o controle de ar e o meio de medição. O fluxo de ar é medido pelo volume e peso, assim como a quantidade própria de combustível, que pode ser adicionada para manter a demanda do motor em todas as condições.

Como o ar flui através do Venturi, sua velocidade é aumentada e sua pressão é diminuída (princípio de BERNOULLI).





Fonte: FAA - Aviation Maintenance Technician Handbook – Powerplant - Volume 1

Figura 3-17 Carburador tipo pressão.

Essa baixa pressão é ventilada para o lado de baixa pressão do diafragma de ar (câmara "B", figura 3-18), no conjunto regulador. Os tubos de impacto do carburador sentem a pressão do ar de entrada e o direcionam para o controle automático de mistura, que mede a densidade do ar.

Do controle automático de mistura, o ar é direcionado para o lado de alta pressão do diafragma (câmara "A"). A pressão diferencial das duas câmaras que atuam sobre o diafragma de ar, é conhecida como a força de medição do ar que abre a válvula "POPET" de combustível.

O corpo do acelerador controla o fluxo de ar com as válvulas aceleradoras. Estas podem ser de tipo retangular ou em forma de disco, dependendo do projeto do carburador.

As válvulas são montadas em um eixo, que é conectado por haste na válvula de lenta e no controle de aceleração na cabine de comando. O acelerador possui um batente de curso para a válvula aceleradora e um ajuste que regula a velocidade de marcha lenta do motor.

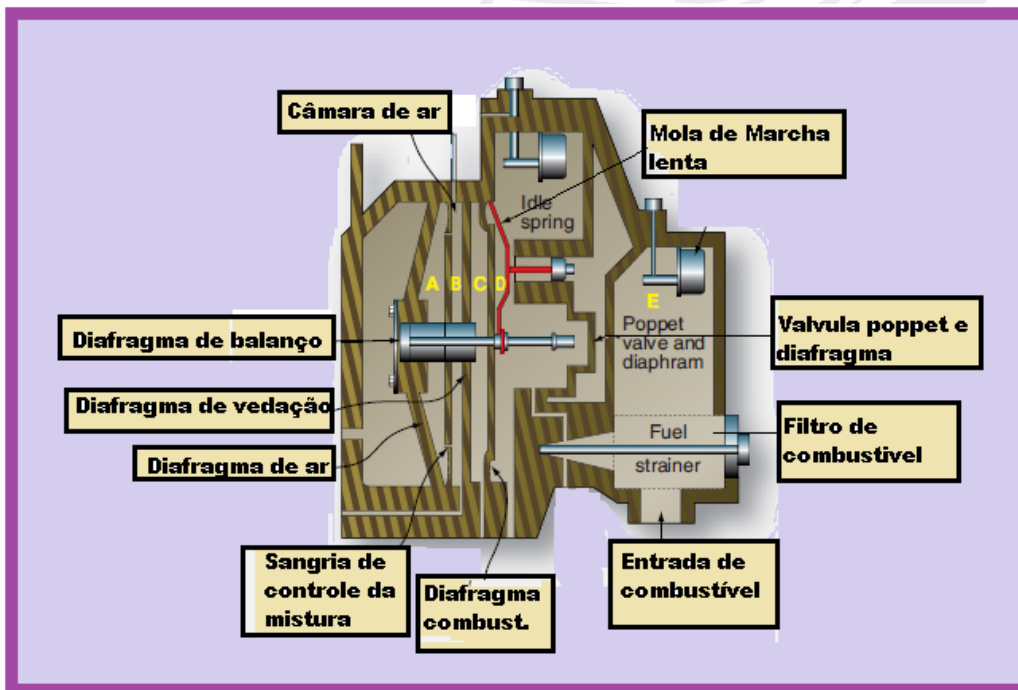
### Unidade Reguladora

O regulador (figura 3-18) é uma unidade controlada por diafragma e dividido em cinco câmaras, contendo dois diafragmas reguladores e o conjunto da válvula "POPET".



A câmara "A" tem pressão regulada da entrada de ar. A câmara "B" é o reforço de pressão do Venturi. A câmara "C" contém combustível medido com pressão controlada pelo injetor de descarga ou pela válvula de alimentação de combustível.

A câmara "D" contém combustível não medido com pressão controlada pela abertura da válvula "POPPET". A câmara "E" tem a pressão da bomba de combustível controlada pela válvula de alívio de pressão da bomba de combustível. O conjunto da válvula "POPPET" é conectado por uma haste aos dois diafragmas principais de controle.



Fonte: FAA - Aviation Maintenance Technician Handbook – Powerplant - Volume 1

Figura 3-18 Unidade reguladora.

O filtro de combustível do carburador, localizado na entrada da câmara "E", é uma fina malha filtrante através da qual todo o combustível deve passar quando entra na câmara "D". O filtro deve ser removido e limpo nos intervalos previstos.

O propósito da unidade reguladora é ajustar a pressão do combustível para o lado de entrada dos jatos, medidos na unidade de controle.

Essa pressão é automaticamente regulada de acordo com a massa do fluxo de ar para o motor.

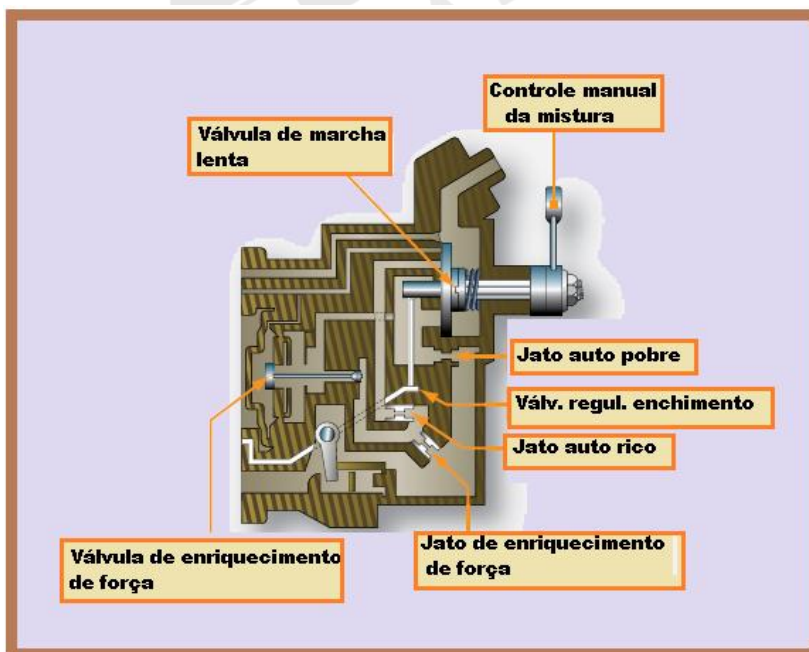
Tomando-se como referência a figura 3-18, assume-se que para ser dado o fluxo de ar em libras/hora através do corpo do acelerador e Venturi, a pressão negativa de 1 / 4 P.S.I. é estabelecida na câmara "B".

Isto tende a mover o conjunto do diafragma e a válvula "POPPET" na direção de abertura da válvula "POPPET", permitindo que mais combustível entre na câmara "D".

A pressão na câmara "C" é mantida constante em 5 P.S.I. (10 P.S.I. na mesma instalação) pelo injetor de descarga, ou pela válvula impelidora de alimentação de combustível. Por esse motivo, o conjunto do diafragma e a válvula "POPET" deverão se mover na direção da abertura, até que a pressão na câmara "D" chegue a 5 1/4 P.S.I. Sob essas pressões, há uma condição balanceada do conjunto de diafragma com uma queda de pressão de 1/4 P.S.I., ao redor dos jatos na unidade de controle de combustível (AUTO-RICO ou AUTO-POBRE).

### Unidade de Controle de Combustível

A unidade de controle de combustível (figura 3-19) é fixada no conjunto do regulador e contém todos os jatos e válvulas de medição. As válvulas de lenta e de enriquecimento de força, junto com as lâminas de controle de mistura, selecionam as combinações de jatos para as várias ajustagens sendo, AUTO-RICO, AUTO-POBRE e CORTE DE LENTA.



Fonte: FAA - Aviation Maintenance Technician Handbook – Powerplant - Volume 1

Figura 3-19 Unidade de controle de combustível.

Se o injetor de pressão (pressão de câmara "C") elevar-se para 5 1/2 P.S.I., o conjunto do diafragma de balanceamento deverá ser elevado e o conjunto de diafragma deverá se mover para abrir a válvula "POPET", restabelecendo a pressão necessária de 5 3/4 P.S.I. na câmara "D".

Desse modo, a pressão diferencial de 1/4 P.S.I. entre a câmara "C" e a câmara "D" é reestabelecida, a pressão cai ao redor dos jatos de medição e deverá permanecer a mesma.

Se a pressão de entrada do combustível é aumentada ou diminuída, o fluxo de combustível dentro da câmara "D" tenderá a aumentar ou diminuir com a troca de pressão, fazendo com que ocorra o mesmo com a câmara "D". Isto elevará a condição de equilíbrio previamente estabelecida e a válvula "POPPE" e o conjunto do diafragma responderão através do movimento para aumentar ou diminuir o fluxo para reestabelecer a pressão diferencial de 1/4 P.S.I.

Quando as lâminas de controle de mistura são movidas de AUTO-POBRE para AUTO-RICO ou vice-versa, selecionam os diferentes ajustes dos jatos, que podem cortar uma ou duas entradas ou saídas do sistema, ocasionando a mudança do fluxo de combustível. Contudo, quando a posição da mistura é alterada, o diafragma e o conjunto da válvula "POPPE" serão reposicionados para manter a pressão diferencial, estabelecida de 1/4 P.S.I. entre as câmaras "C" e "D", mantendo a diferencial estabelecida através dos jatos.

Sob baixos ajustes de potência (baixos fluxos de ar), a diferença de pressão criada pelo Venturi reforçador não é suficiente para acomodar uma regulagem consistente de combustível. Por isso, uma mola de lenta, mostrada na figura 3-18, é incorporada ao regulador.

Assim que a válvula "POPPE" se move em direção à posição fechada, ela contacta a mola de lenta. A mola mantém a válvula "POPPE" fechada e fora do seu assentamento o bastante para fornecer mais combustível necessário para a lenta. Esta mistura potencialmente super-rica é regulada pela válvula de lenta.

Na velocidade lenta, a válvula de lenta restringe o fluxo de combustível para a quantidade apropriada. Nas altas velocidades, esta é retirada da passagem de combustível e não possui efeito de medição.

Sistemas de eliminação de vapor (VAPOR VENT) são instalados nestes carburadores para eliminar o vapor de combustível, criado pela bomba, aquecido no compartimento do motor e a queda de pressão através da válvula "POPPE".

O "VAPOR VENT" é localizado na entrada do combustível (Câmara "E"), ou em alguns modelos de carburadores em ambas as câmaras "D" e "E". O sistema de "VAPOR VENT" opera da seguinte maneira: quando o ar entra na câmara em que o "VAPOR VENT" é instalado, ele se eleva para a parte superior da câmara, deslocando o combustível e baixando seu nível.

Quando o nível de combustível chega a uma determinada posição, a boia (que flutua no combustível) puxa a válvula do "VAPOR VENT" para a posição fechada sobre sua sede, permitindo que o vapor na câmara escape através do assentamento da ventilação de vapor, da linha de conexão e retornando para o tanque de combustível.

Se a válvula de "VAPOR VENT" tranca na posição fechada ou a linha de ventilação do "VAPOR VENT" para o tanque de combustível for obstruída, a ação de diminuição de vapor cessará. Isto fará com que o vapor aumente dentro do carburador e, por extensão, passe através dos jatos medidores com o combustível.

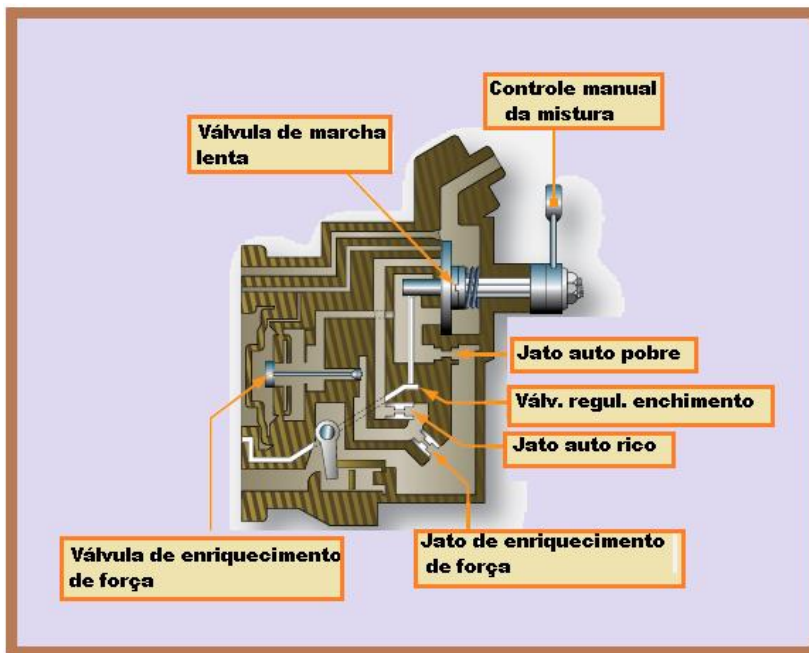
Com o tamanho dado ao jato medidor do carburador, a medição do vapor deverá reduzir a quantidade do combustível medido. Isto deverá causar a saída de uma mistura combustível/ar pobre, usualmente intermitente.

Se a válvula de "VAPOR VENT" trancar em aberta ou a boia da "VAPOR VENT" alinhar com o combustível e afundar, um fluxo contínuo de combustível e vapor ocorrerá através da linha de ventilação. Isto é importante para detectar esta condição, com o fluxo de combustível do carburador suprindo o tanque que pode causar o transbordamento com o resultado do aumento de consumo de combustível.

Para se testar o sistema de ventilação, desconecta-se a linha do "VAPOR VENT" onde é fixada no carburador, ligando a bomba reforçadora de combustível (BOOSTER PUMP), ao mesmo tempo em que se observa a conexão da "VAPOR VENT" no carburador. Move-se o controle de mistura do carburador para "AUTORICH", então retorna-se para corte de lenta (IDLE CUT OFF).

Quando a bomba de combustível (FUEL BOOSTER PUMP) é ligada, deverá ocorrer uma ejeção inicial de combustível e ar, seguidos pelo corte com não mais do que um constante gotejamento da conexão de ventilação. Nas instalações onde a sangria é fixada na câmara "D", é conectada para a "VAPOR VENT" na entrada de combustível por uma curta linha externa e logo haverá uma ejeção inicial de combustível e ar, seguidos por um contínuo e pequeno jato de combustível. Se não houver fluxo, a válvula estará trancada em "fechado". Se houver fluxo constante, estará trancada em "aberto".

O propósito da unidade de controle de combustível é medir e controlar o fluxo de combustível para o injetor de descarga. A unidade básica consiste de três (03) jatos e quatro (04) válvulas dispostas em série, paralelo, e série-paralelo (Veja a figura 3-19).



Fonte: FAA - Aviation Maintenance Technician Handbook – Powerplant - Volume 1

Figura 3-19 Unidade de controle de combustível

Esses jatos e válvulas recebem combustível sob pressão da unidade reguladora, e então o combustível que vai para o injetor de descarga é medido. A válvula de controle manual de mistura controla o fluxo de combustível. Pelo uso do tamanho próprio dos jatos, e regulando a pressão diferencial através dos jatos, a quantidade correta de combustível é liberada para o injetor de descarga, dando a razão combustível/ar desejada nas várias ajustagens de potência. Deve ser lembrado que a pressão de entrada para os jatos está sob a unidade reguladora e a pressão de saída é controlada pelo injetor de descarga.

Os jatos são, na unidade básica de controle de combustível, auto-rico e auto-pobre e jato de enriquecimento de potência. O fluxo básico de combustível é o necessário para fazer funcionar o motor com mistura pobre e é medido pelo jato auto-pobre.

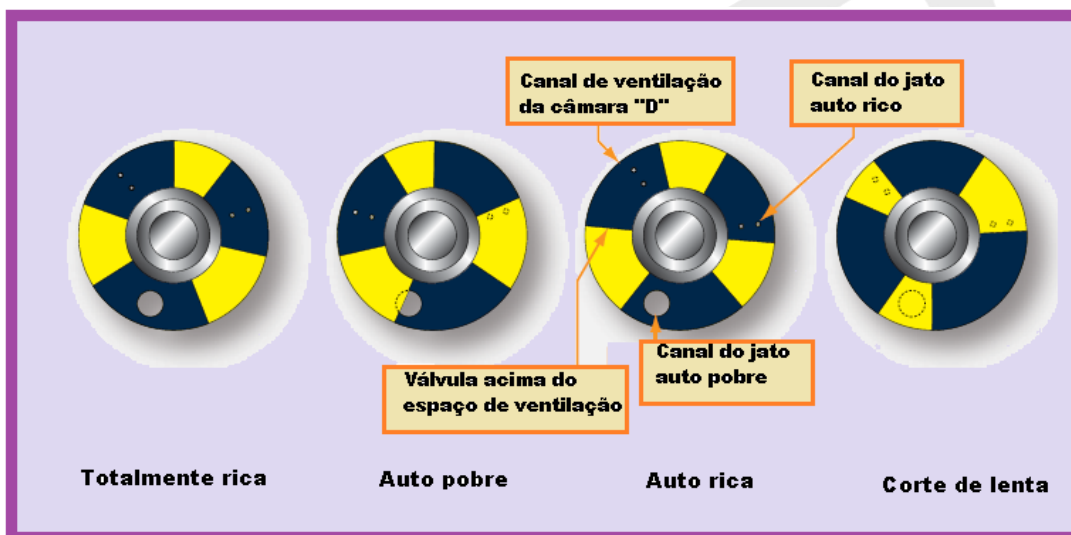
O jato auto-rico adiciona o combustível suficiente no fluxo básico para obter o enriquecimento lento da mistura, então teremos a melhor mistura para a tração quando o controle manual de mistura é colocado na posição "AUTO-RICH".

As quatro válvulas da unidade básica de controle de combustível são:

- (1) Válvula de agulha de lenta;
- (2) Válvula de enriquecimento de potência;
- (3) Válvula reguladora de enchimento;
- (4) Controle manual de mistura.

As funções destas válvulas são:

- (1) A válvula de agulha de lenta mede o combustível na variação de lenta apenas. Ela é uma válvula agulha redonda e perfilada, ou uma válvula cilíndrica colocada em série com todos os outros meios de medição da unidade básica de controle. A válvula de agulha de lenta é conectada por haste ao eixo de aceleração, para que seja restrito o fluxo de combustível nas regulagens de baixa potência (variação de lenta);
- (2) O controle manual de mistura é uma válvula tipo disco rotativo, consistindo de um disco redondo estacionário com "ports" condutores do jato auto-pobre e jato auto-rico, e dois pequenos orifícios de ventilação. Outra parte rotativa, parecida com uma folha de trevo, é soldada no disco estacionário através de uma mola de tensão, e gira ao redor dos portes neste disco, através da manete de controle manual de mistura. Todos os portes e ventilações são fechados na posição de "IDLE CUT OFF". Na posição "AUTO LEAN", os portes do jato auto-pobre e dois orifícios de ventilação estão abertos. O porte do jato auto-rico permanece fechado nesta posição. Na posição "AUTO-RICH", todos os portes estão abertos. As posições do disco da válvula são mostradas na figura 3-20.



Fonte: FAA - Aviation Maintenance Technician Handbook – Powerplant - Volume 1

Figura 3-20 Posição dos discos da válvula de controle de mistura manual.

As três (03) posições da manete do controle manual de mistura tornam isto possível para selecionar a mistura pobre ou a mistura rica ou para parar o fluxo de combustível

inteiramente. A posição "IDLE CUT OFF" é usada para dar partida ou parar o motor. Durante a partida, o combustível é suprido através do "PRIMER";

(3) A válvula reguladora de abastecimento é uma pequena válvula tipo "POPPET", localizada na passagem de combustível que alimenta a câmara "C" da unidade reguladora, com pressão de combustível medida. Em corte de lenta (IDLE CUT OFF), a parte lisa da rampa de subida do ressalto, com a haste da válvula e a mola, fecham a válvula. Isto proporciona um meio de cortar (SHUTTING OFF) o fluxo de combustível para a câmara "C" e, desse modo, proporcionando um corte de lenta (IDLE CUT OFF) positivo;

(4) A válvula de enriquecimento de potência é outra válvula tipo "POPPET". Ela está em paralelo com os jatos de AUTO-POBRE e AUTO-RICO, mas está em série com o jato de enriquecimento de potência. Esta válvula inicia a abertura no começo de variação da tração. Ela é aberta pela pressão de combustível não medida, sobrepondo a pressão de combustível medida e a tensão da mola. A válvula de enriquecimento de potência continua totalmente aberta e, durante toda a variação de potência, até que o fluxo combinado através da válvula e o jato AUTO-RICO exceda aquele jato de enriquecimento de força. Neste ponto, o jato de enriquecimento de força supera o jato medido e mede o combustível através da saída da variação de força;

(5) Carburadores equipados com injeção de água são modificados pela adição de uma válvula e um jato de derivação. A válvula e o jato de derivação estão em série um com o outro e em paralelo com o jato de enriquecimento de potência.

O carburador controla o fluxo de combustível através da variação de dois fatores básicos.

A unidade de controle de combustível, atuando como uma válvula redutora de pressão determina a pressão medida em resposta para a força de medição.

A unidade reguladora, com efeito, varia o tamanho do orifício, através do qual faz a medição da força de pressão do combustível.

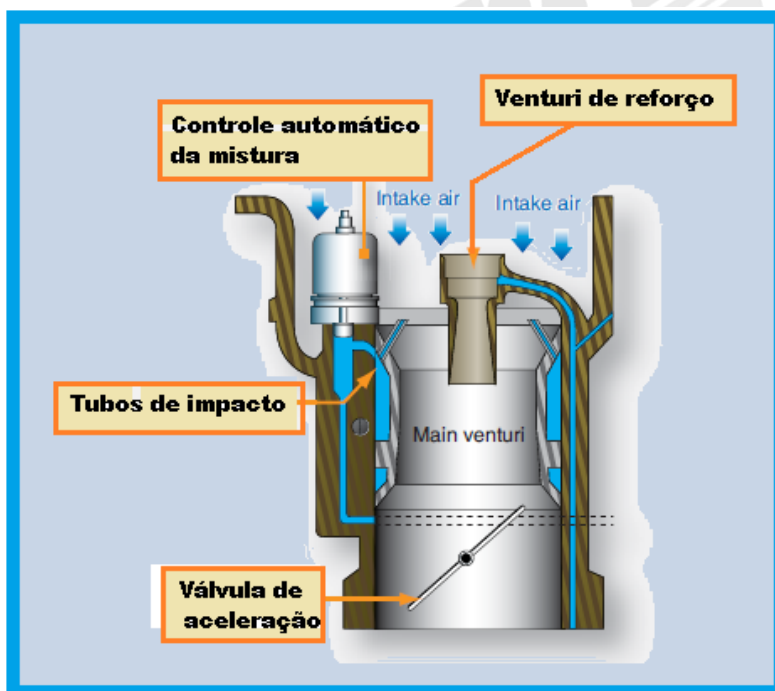
Esta é uma lei básica de hidráulica, onde o montante de fluido que passa através de um orifício varia de acordo com o seu tamanho e a pressão cai através dele. Os mecanismos internos automáticos e o controle de mistura atuam juntos para determinar o tamanho efetivo da passagem do medidor, através da qual o combustível passa. Os mecanismos internos, jatos fixos e válvula de enriquecimento de potência variável, não estão sujeitos ao controle externo direto.

### **Controle Automático de Mistura (AMC)**



Consistem de um conjunto de cápsulas, agulha calibrada e uma sede. O propósito do controle automático de mistura é compensar as trocas na densidade do ar, devido às trocas na temperatura e altitude.

“O controle automático de mistura contém uma cápsula metálica, selada em 28” de Hg, de pressão absoluta, que responde às trocas na pressão e temperatura. Na ilustração (Figura 3-21), nota-se que o controle automático de mistura está localizado na entrada de ar do carburador. Como a densidade do ar muda, a expansão e contração da cápsula move a agulha na linha da atmosfera.



Fonte: FAA - Aviation Maintenance Technician Handbook – Powerplant - Volume 1

Figura 3-21 A unidade automática de mistura.

Ao nível do mar, a cápsula é contraída e a agulha não está obstruindo a passagem atmosférica. Quando a aeronave sobe e a pressão atmosférica diminui, a cápsula se expande, inserindo a agulha, distanciando na passagem atmosférica e restringindo o fluxo de ar para a câmara "A" da unidade reguladora (Figura 3-18).

Ao mesmo tempo, o ar vaza lentamente da câmara "A" para a câmara "B", através de uma pequena sangria (muitas vezes referido como sangria de sucção traseira, ou sangria de controle de mistura).

A razão com que o ar vaza através desta sangria é em torno da mesma em grandes altitudes, assim como ao nível do mar. Portanto, a agulha restringe o fluxo de ar para a câmara "A", a



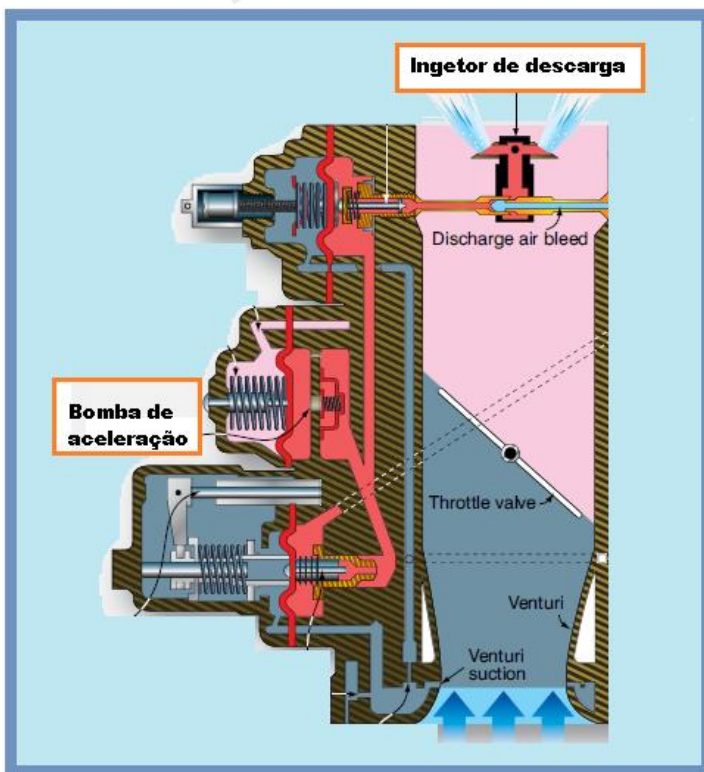
pressão do lado esquerdo do diafragma de ar diminui. Como resultado, a válvula POPPET move-se em direção a sua sede, reduzindo o fluxo de combustível para compensar a diminuição da densidade do ar.

O controle automático de mistura pode ser removido e limpo, verificando que o selo de chumbo no ponto de ajuste não tenha problema.

### Unidade Adaptadora

O propósito do adaptador está no carburador. Esta unidade também pode conter o injetor de descarga e a bomba de aceleração (veja a figura 3-22).

Nos motores que usam válvulas de alimentação de combustível, o injetor de descarga é eliminado desde que a válvula de alimentação sirva para o mesmo propósito e seja construída dentro do motor.



Fonte: FAA - Aviation Maintenance Technician Handbook – Powerplant - Volume 1

Figura 3-22 Adaptador.

Onde a válvula de descarga de injeção do "SPINNER" é usada no lugar do injetor de descarga, a bomba de aceleração é normalmente instalada no lado do corpo do acelerador, e o adaptador nada mais é do que o espaçador, não possuindo partes móveis.

O injetor de descarga é uma válvula carregada por mola (SPRING-LOADED) que mantém a pressão no combustível medido. Antes do combustível poder passar através do injetor de descarga, uma pressão suficiente deve ser aplicada contra o diafragma para sobrepujar a tensão da mola que está do lado do ar do diafragma.

O diafragma quando levanta, arrasta a válvula que está fixada a seu corpo, e o combustível é pulverizado para fora do injetor. A segurança para o injetor é o difusor que é projetado para permitir a distribuição e atomização do combustível dentro da massa de ar. Existem três tipos de difusores usados na montagem do adaptador do injetor de descarga Tipo "RAKE", "BAR" e "BOW TIE".

Dois outros difusores instalados em alguns motores são acionadores de anel (SLINGER RING) usados com a válvula de alimentação de combustível e o anel SPINNER usado com a válvula de descarga de injeção tipo SPINNER.

A bomba de aceleração é usada para compensar o atraso inerente do fluxo de combustível durante a aceleração rápida do motor.



## Referência Bibliográfica

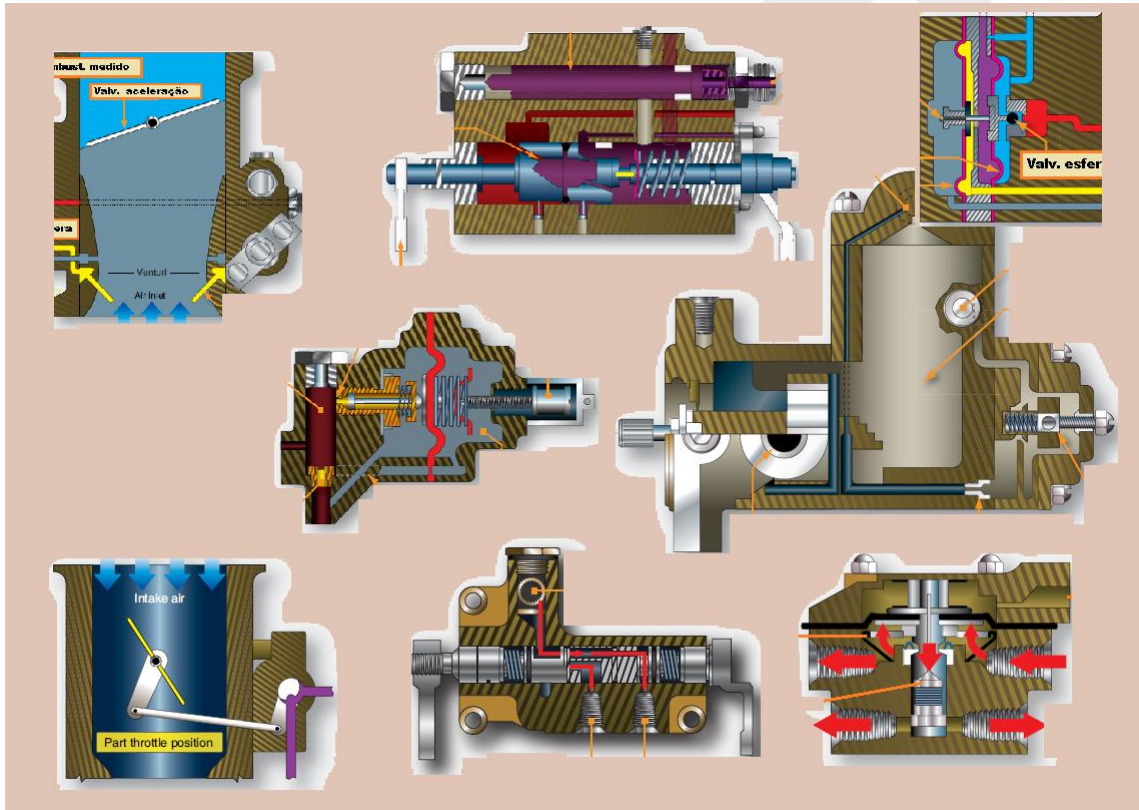
**BRASIL. IAC – Instituto de Aviação Civil. Divisão de Instrução Profissional Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA (Airframe & Powerplant Mechanics-General Handbook). Edição Revisada 2002.**



## No Próximo Módulo

No próximo módulo vamos dar continuidade ao estudo do carburador de pressão e também iniciaremos com sistema de injeção de combustível.

Espero você!



Fonte: Vanderlei dos Reis

### MÓDULO III

## SISTEMA DE INJEÇÃO DE COMBUSTÍVEL

### INTRODUÇÃO

Caro aluno,

No módulo anterior falamos sobre os sistemas que fazem parte da operação de um carburador de pressão. Agora vamos dar segmento a estes sistemas e entraremos em sistema

de injeção de combustível que é um sistema usado em aviões de motores convencionais mais modernos.

Espero você!

### **3.1 CARBURADORES DE PRESSÃO SÉRIES PS "STROMBERG"**

O carburador série "PS" é de baixa pressão, cuba simples, carburador tipo injeção.

O carburador consiste, basicamente, de uma seção de ar, seção de combustível e o injetor de descarga, todos montados juntos para formar um completo sistema de medição de combustível. Este carburador é similar ao tipo pressão-injeção, por esse motivo, os princípios operacionais são os mesmos.

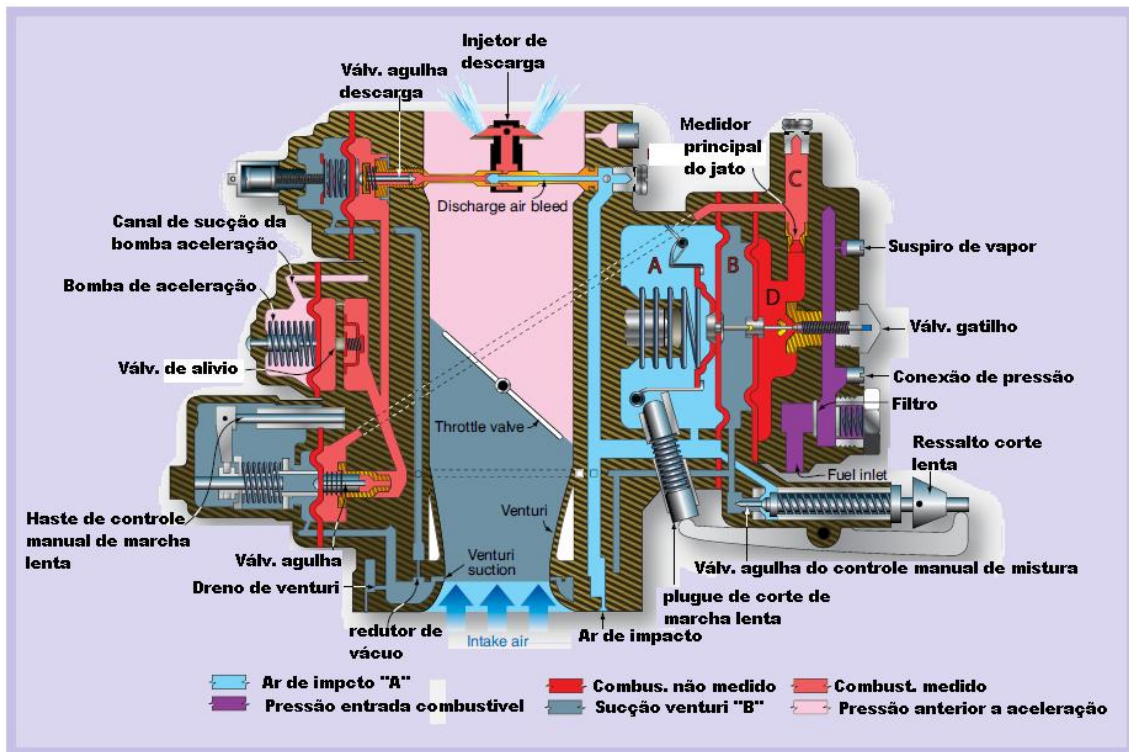
Neste tipo de carburador (Figura 3-30) a medição é executada na base da massa do fluxo de ar. O ar fluindo através do venturi principal cria uma sucção na garganta do venturi que é transmitida para a câmara "B", na parte principal reguladora do carburador e para o lado de ventilação do diafragma do injetor de descarga.

A pressão de ar que chega é transmitida para a câmara "A" da parte de regulagem do carburador e para a descarga de sangria principal no jato de descarga principal de combustível.

O injetor de descarga consiste em um diafragma carregado por mola (SPRINGLOADED), conectado à válvula injetora de descarga, que controla o fluxo do combustível injetado no jato de descarga principal.

Aqui, ele é misturado com ar para executar a distribuição e a atomização da massa de ar que entra no motor.

Nos carburadores série PS, como nos carburadores de pressão-injeção, a mola do regulador tem uma tensão fixa, que tenderá a manter a válvula "POPET" (Pistão) aberta durante as velocidades de lenta, ou até a pressão da câmara "D" equalizar aproximadamente 4 P.S.I.



Fonte: FAA - Aviation Maintenance Technician Handbook – Powerplant - Volume 1

Figura 3-30 Diagrama esquemático de um carburador da série PS.

A mola do injetor de descarga possui um ajuste variável que, quando ajustado para manter 4 P.S.I., resultará na condição de balanceamento de pressão de 4 P.S.I. na câmara "C" do conjunto do injetor de descarga, e 4 P.S.I. na câmara "D". Isto produz uma queda zero através dos jatos principais com fluxo zero de combustível.

No fluxo de ar obtido, se a sucção criada pelo venturi é equivalente a um quarto de libra (1/4 POUND), este decréscimo de pressão é transmitido para a câmara "B" e para o lado de ventilação do injetor de descarga.

Desde que a área do diafragma de ar entre as câmaras "A" e "B" sejam duas vezes a grandeza que existe entre as câmaras "B" e "D", e a redução de 1/4 de libra de pressão na câmara "B" deva mover o conjunto do diafragma para a direita, abrindo a válvula "POPET". Entretanto, a redução de pressão no lado da ventilação do conjunto injetor de descarga causará a redução da pressão total de 4 LBS para 3 3/4 LBS.

A maior pressão do combustível medido (4 1/4 LBS) resulta num diferencial através da cabeça de medição de um quarto de libra (por um quarto de libra de pressão diferencial criado pelo venturi).



A mesma razão da queda de pressão através do jato para a sucção do venturi aplicar-se-á durante toda sua extensão. Qualquer aumento ou diminuição na pressão de entrada de combustível tenderá a perturbar o balanceamento nas várias câmaras, da maneira já descrita. Quando isto ocorre, o conjunto do diafragma no regulador principal de combustível reposiciona-se para reestabelecer o balanceamento.

O controle de mistura, se operado manual ou automaticamente, compensa o enriquecimento em altitudes através da sangria de pressão do ar de impacto dentro da câmara "B", desse modo, aumentando a pressão (diminuindo a sucção) na câmara "B".

O aumento da pressão na câmara "B" tende a mover o diafragma e a válvula "POPPET" em direção da posição fechada, desse modo, restringindo o fluxo de combustível para corresponder proporcionalmente à diminuição da densidade do ar na altitude.

A válvula de lenta e o jato economizador podem ser combinados em um conjunto. A unidade é controlada manualmente pelo movimento do conjunto da válvula.

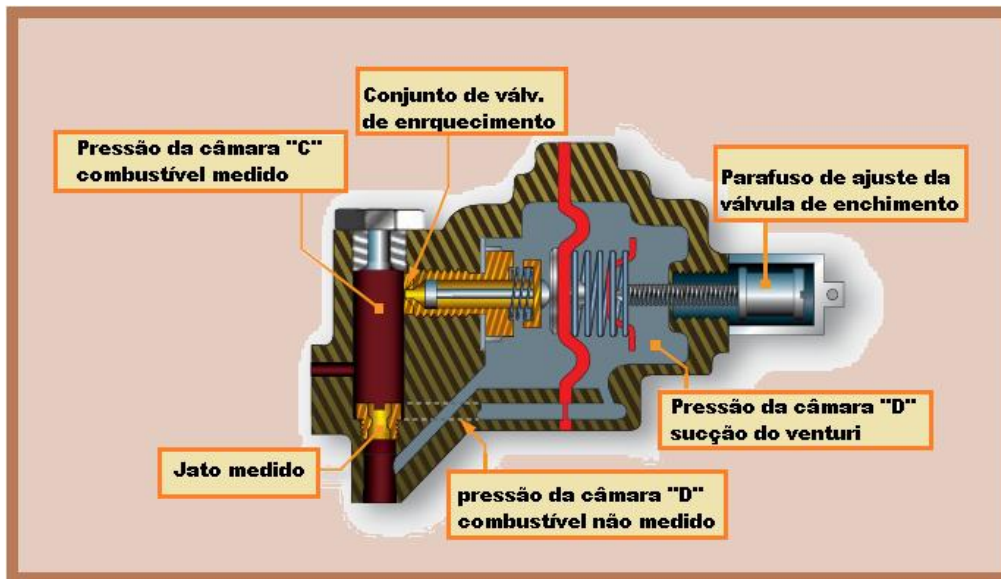
Nas posições de baixo fluxo de ar, a seção delgada da válvula converte-se no jato predominante do sistema, controlando o fluxo de combustível para o regime de lenta.

Como a válvula se move para a posição de Cruzeiro, uma seção reta na válvula estabelece um orifício fixo, cujo efeito controla a mistura de Cruzeiro.

Quando a válvula é colocada totalmente aberta (FULL-OPEN) pela válvula aceleradora, o jato é puxado completamente para fora da sede, e o tamanho da sede torna-se o controlador do jato. Este jato é calibrado para misturas de potência (TAKE OFF POWER) e decolagem. Uma válvula de enriquecimento de potência controlada por fluxo de ar pode também ser usada com este carburador. Isto consiste de uma mola tensionada e uma válvula de medição operada por diafragma. Referência a figura 3-31 para uma vista esquemática de uma válvula de enriquecimento de potência tipo fluxo de ar.

Um lado do diafragma está exposto a pressão do combustível não medido e, o outro lado, para a sucção do venturi mais a tensão da mola.

Quando a pressão diferencial ao redor do diafragma estabelece uma grande força suficiente para comprimir a mola, a válvula deverá abrir e suprir um volume adicional de combustível para o circuito, medido em adição ao combustível suprido pelo jato principal de medição.



Fonte: FAA - Aviation Maintenance Technician Handbook – Powerplant - Volume 1

Figura 3-31 Válvula de enriquecimento de potência tipo fluxo de ar.

### Bomba de Aceleração

A bomba de aceleração é um conjunto de diafragma carregado por mola (SPRINGLOADED), localizado no canal de medição do combustível com o lado oposto do diafragma ventilado para o lado do motor da válvula aceleradora.

Com este arranjo, a abertura da válvula aceleradora resulta na rápida diminuição da sucção. Esta diminuição permite que a mola estenda e mova o diafragma da bomba de aceleração. A ação do diafragma e da mola desloca o combustível na bomba de aceleração, forçando-o para fora do injetor de descarga.

O vapor é eliminado da parte superior do combustível principal na câmara "D" através de um furo de sangria, então, através de uma linha de ventilação retorna para o tanque principal de combustível do avião.

### Controle Manual de Mistura

O controle manual de mistura fornece um meio de correção do enriquecimento em altitude. Ele consiste de uma válvula de agulha e a sede, que formam uma sangria ajustável entre a câmara "A" e a câmara "B". A válvula pode ser ajustada para fechar a sangria da sucção do venturi, mantendo a correta razão combustível/ar quando o avião ganha altitude.



Quando a manete de controle de mistura é movida para a posição "IDLE CUT OFF", um ressalto (CAM) na haste atua o "braço embalador" (ROCKER ARM), que move o pistão interno de corte de lenta contra a manete livre na câmara "A". A manete comprime a mola do diafragma do regulador para aliviar toda a tensão do diafragma entre as câmaras "A" e "B". Isto permite que a pressão de combustível mais a força da mola da válvula "POPPET" force para fechar a válvula "POPPET", parando o fluxo de combustível. Colocando a manete de controle de mistura em corte de lenta "IDLE CUT OFF", também posiciona a válvula de controle de mistura para fechado ("OFF") em sua sede, e permite medir a sucção com a sangria do carburador fechada (BLEED OFF).

### **3.2 SISTEMAS DE INJEÇÃO DIRETA DE COMBUSTÍVEL**

O sistema de injeção direta de combustível possui muitas vantagens sobre o sistema convencional de carburador. Há menos perigo de formação de gelo, desde que a queda na temperatura devido à vaporização do combustível tenha lugar no/ou perto do cilindro.

A aceleração é também melhorada por causa da ação positiva do sistema de injeção. Em adição, a injeção direta de combustível melhora a distribuição de combustível, reduzindo o superaquecimento dos cilindros, frequentemente causado pela variação na mistura devido à distribuição desigual.

O sistema de injeção de combustível também proporciona uma melhor economia de combustível do que um sistema em que a mistura, para a maioria dos cilindros, deva ser mais rica do que a necessária para aquele cilindro com mistura mais pobre, que operará mais apropriadamente.

Os sistemas de injeção de combustível variam em seus detalhes de construção, disposição e operação. Os sistemas de injeção de combustível BENDIX e CONTINENTAL serão discutidos nesta seção. Eles serão descritos para prover o entendimento dos princípios operacionais envolvidos. Para detalhes específicos de algum sistema, consultam-se as instruções do fabricante para o equipamento envolvido.

#### **Sistema de Injeção de Combustível "Bendix"**

O sistema de injeção de combustível série "BENDIX RSA" consiste de um injetor, divisor de fluxo e injetor de descarga de combustível. É um sistema de fluxo contínuo que mede o

consumo do ar do motor e usa força do fluxo de ar para controlar o fluxo de combustível para o motor.

## Injetor de Combustível

O conjunto do injetor de combustível consiste de:

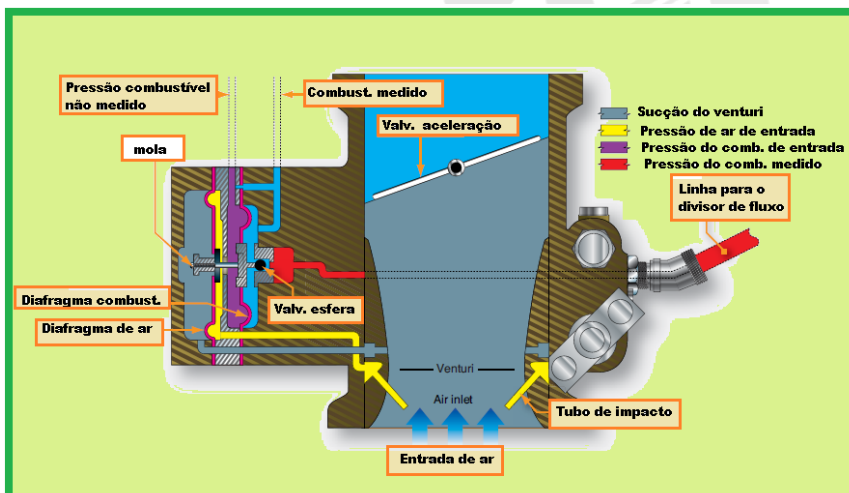
- (1) Uma seção de fluxo de ar;
- (2) Uma seção reguladora;
- (3) Uma seção medidora de combustível. Alguns injetores de combustível são equipados com uma unidade de controle automática de mistura.

### Seção de Fluxo de Ar

O consumo do fluxo de ar do motor é medido pela sensibilidade da pressão de impacto e pressão na garganta do venturi no corpo do acelerador. Essas pressões são ventiladas para os dois lados do diafragma de ar.

O movimento da válvula aceleradora causa a mudança no consumo de ar do motor, resultando na troca da velocidade do ar no venturi.

Quando o fluxo de ar através do motor aumenta, a pressão na esquerda do diafragma é reduzida (Figura 3-32) devido à queda de pressão na garganta do Venturi. Como resultado, o diafragma move-se para a esquerda, abrindo a válvula de esfera. Esta pressão diferencial é referida como força de medição de ar.



Fonte: FAA - Aviation Maintenance Technician Handbook – Powerplant - Volume 1

Figura 3-32 Seção de fluxo de ar do injetor de combustível.

## Seção Reguladora

A seção reguladora consiste de um diafragma de combustível que se opõe à força de medição de ar.

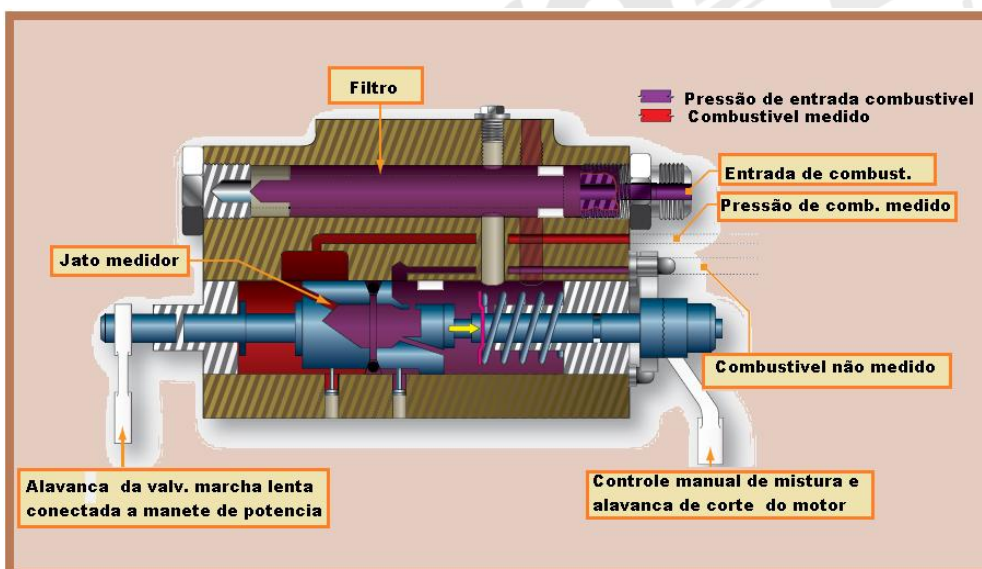
A pressão de entrada do combustível é aplicada em um dos lados do diafragma de combustível e a pressão medida do combustível é aplicada no outro lado. A pressão diferencial em torno do diafragma de combustível é chamada de força de medição do combustível.

A distância de abertura da válvula de esfera é determinada pela diferença entre a pressão atuante nos diafragmas. Essa diferença na pressão é proporcional para o fluxo de ar através do injetor. Portanto, o volume do fluxo de ar determina a razão do fluxo de combustível.

Sob baixos ajustes de potência, a diferença na pressão criada pelo venturi é insuficiente para acomodar uma regulação consistente do combustível. Uma determinada mola de retenção de marcha lenta (CONSTANT-HEAD IDLE SPRING) é incorporada para manter uma pressão diferencial constante de combustível. Isto permite um fluxo final adequado no regime de lenta.

## Seção de Medição de Combustível

A seção de medição de combustível, mostrada na figura 3-33, é fixada na seção de medição de ar, contendo um filtro de entrada de combustível, uma válvula de controle manual de mistura, uma válvula de lenta e o jato principal medidor.



Fonte: FAA - Aviation Maintenance Technician Handbook – Powerplant - Volume 1

Figura 3-33 Seção de medição de combustível do injetor.

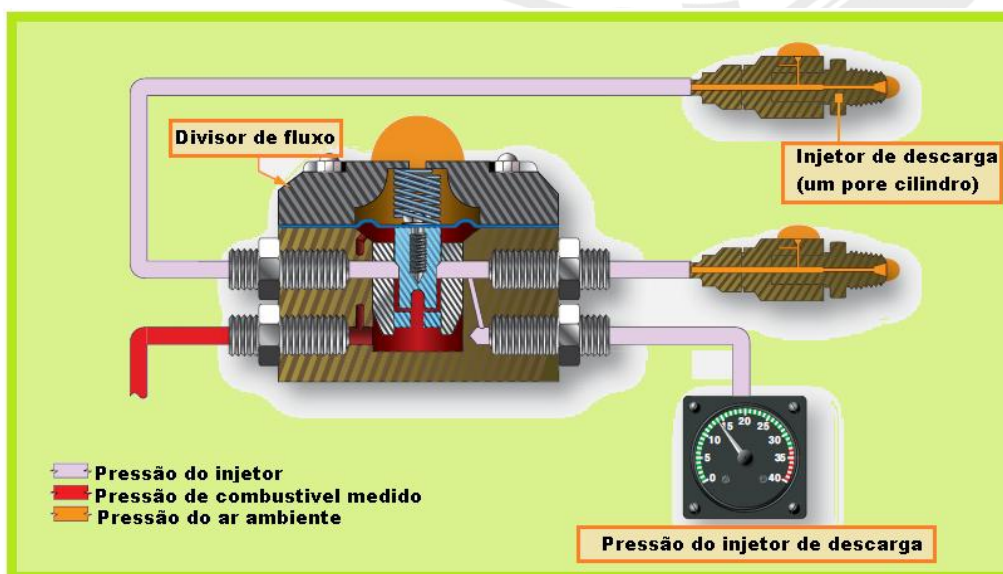
Em alguns modelos de injetores, o jato de enriquecimento de força está também localizado nesta seção. O propósito da seção de medição de combustível é medir e controlar o fluxo de combustível para o divisor de fluxo.

## Divisor de Fluxo

O combustível medido é liberado da unidade de controle para o divisor de fluxo pressurizado. Essa unidade mantém o combustível medido sob pressão, divide-o para os vários cilindros em todas as velocidades do motor e corta (desliga) as linhas individuais dos injetores quando o controle é colocado em corte de lenta (IDLE CUT OFF).

Com referência ao diagrama esquemático na figura 3-34, a pressão do combustível medido entra no divisor de fluxo através do canal que permite ao combustível passar no diâmetro interno da agulha do divisor de fluxo.

Na velocidade lenta, a pressão do combustível do regulador deve aumentar para superar a força da mola aplicada ao diafragma e ao conjunto da válvula. Isto move a válvula para cima até o combustível poder passar através do "anular" da válvula para o injetor de combustível. Desde que o regulador meça e libere uma quantidade fixa de combustível para o divisor de fluxo, a válvula deverá abrir apenas o necessário para passar a quantidade aos injetores. Em lenta, a abertura requerida é muito pequena, portanto, o combustível para os cilindros individuais são divididos em lenta pelo divisor de fluxo.



Fonte: FAA - Aviation Maintenance Technician Handbook – Powerplant - Volume 1

Figura 3-34 Divisor de fluxo.

Como o fluxo de combustível através do regulador é aumentado acima dos requisitos de lenta, a pressão é aumentada nas linhas dos injetores. Essa pressão abre totalmente a válvula divisora de fluxo e a distribuição de combustível para o motor torna-se função dos injetores de descarga.

O manômetro de pressão, calibrado em libras-por-hora de fluxo de combustível pode ser usado como medidor de fluxo de combustível, com o sistema de injeção do "BENDIX RSA". Esse manômetro é conectado ao divisor de fluxo, sentindo a pressão sendo aplicada no injetor de descarga. Essa pressão é diretamente proporcional ao fluxo de combustível e indica a potência de saída do motor e o consumo de combustível.

### **Injetores de Descarga de Combustível**

Os injetores de descarga de combustível (figura 3-34) são de configuração sangria de ar. Há um (01) injetor para cada cilindro, localizado na cabeça do cilindro. O injetor de saída é direcionado para o porte de admissão. Cada injetor incorpora um jato calibrado.

O tamanho do jato é determinado pela pressão de entrada do combustível disponível e pelo fluxo máximo de combustível requerido pelo motor. O combustível é descarregado para dentro de um ambiente nas câmaras de pressão de ar dentro do conjunto injetor. Antes de entrar na válvula individual de admissão da câmara, o combustível é misturado com ar para ajudar na atomização do combustível.

### **Sistema de Injeção de Combustível Continental**

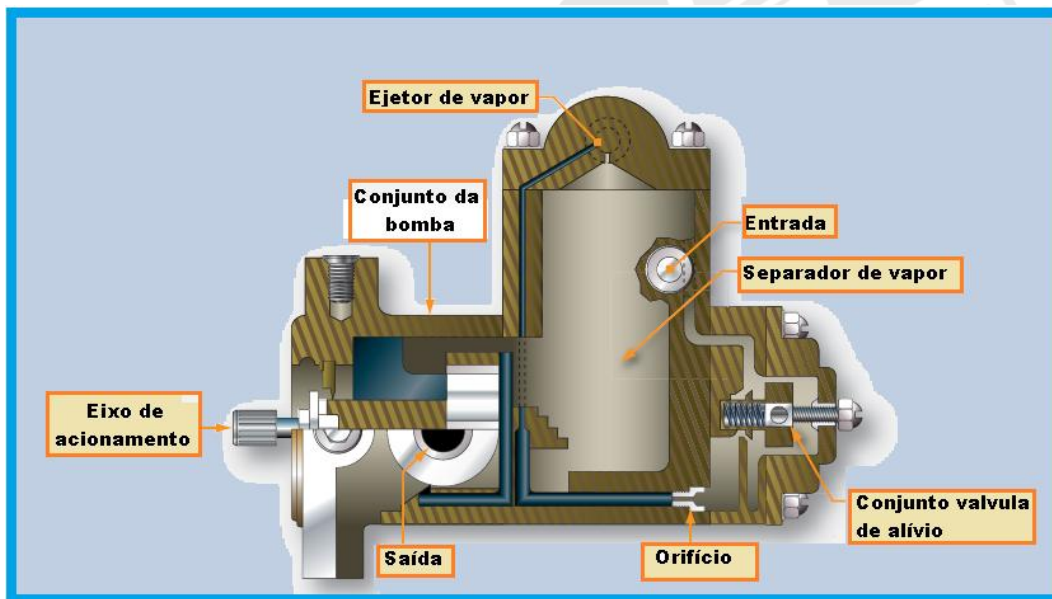
O sistema de injeção de combustível Continental injeta combustível diretamente no porte da válvula de admissão na cabeça de cada cilindro.

O sistema consiste de uma bomba injetora de combustível, uma unidade de controle, um duto e um injetor de descarga de combustível. Ele é do tipo fluxo contínuo, que controla o fluxo de combustível para se igualar ao fluxo de ar do motor.

O sistema fluxo contínuo permite o uso de uma bomba tipo palheta rotativa, que não necessita de sincronização (regulagem) com o motor.

## Bomba de Injeção de Combustível

A bomba de combustível é de deslocamento positivo, tipo palheta rotativa, com um eixo fusível para conexão com o sistema de acionamento de acessórios do motor. É adicionada uma válvula de alívio tipo diafragma, carregada por mola (SPRING-LOADED). A câmara da válvula de alívio tipo diafragma é ventilada para a pressão atmosférica. A vista seccional de uma bomba de injeção de combustível é mostrada na figura 3-35.



Fonte: FAA - Aviation Maintenance Technician Handbook – Powerplant - Volume 1

Figura 3-35 Bomba de injeção de combustível.

O combustível entra na roda em espiral do separador de vapor. Aqui o vapor é separado pelo movimento espiral até que, apenas o combustível líquido, seja liberado para a bomba.

O vapor é puxado para a parte superior do centro da roda espiral por uma pequena pressão do jato de combustível e direcionado para a linha de retorno de vapor. Esta linha carrega o vapor de volta para o tanque de combustível.

Ignorando o efeito da altitude ou condições do ar ambiente, o uso da descarga positiva na bomba acionada pelo motor, significa que trocas na velocidade do motor afetam o fluxo total da bomba proporcionalmente.

Desde que a bomba tenha maior capacidade do que a necessária para o motor, a recirculação interna é necessária. Pelo arranjo de um orifício calibrado e uma válvula de alívio no caminho (curso), a pressão liberada pela bomba é também mantida na proporção de velocidade do



motor. Estas provisões asseguram uma pressão adequada e liberam combustível para todas as velocidades operacionais do motor.

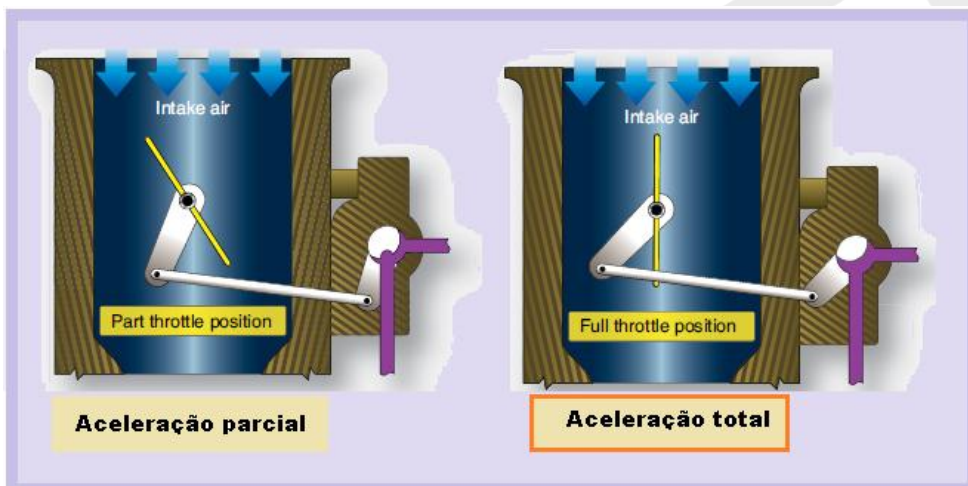
Uma válvula unidirecional (CHECK VALVE) é usada para que a pressão da bomba "BOOST", para o sistema possa derivar (BYPASS) a bomba acionada pelo motor para a partida.

Esta característica também suprime a formação de vapor sobre altas temperaturas ambientes do combustível. Além disso, permite o uso de uma bomba auxiliar como fonte de pressão de combustível no caso de eventual falha da bomba acionada pelo motor.

### Unidade de Controle Combustível/ar

A função do conjunto de controle de combustível/ar é controlar o ar de admissão do motor e ajustar a pressão de combustível medido para a adequada razão combustível/ar. Esta unidade está montada no duto de entrada e sua válvula borboleta, posicionada através do controle de aceleração no avião, controla o fluxo de ar para o motor (Veja a figura 3-36).

O conjunto desta unidade é fundido em alumínio que contém o eixo e um conjunto de válvula borboleta. O tamanho do furo de fundição é projetado para o tamanho do motor e não é usado venturi ou outra restrição.



Fonte: FAA - Aviation Maintenance Technician Handbook – Powerplant - Volume 1

Figura 3-36 Unidade de controle combustível / ar.

### Conjunto de Controle de Combustível

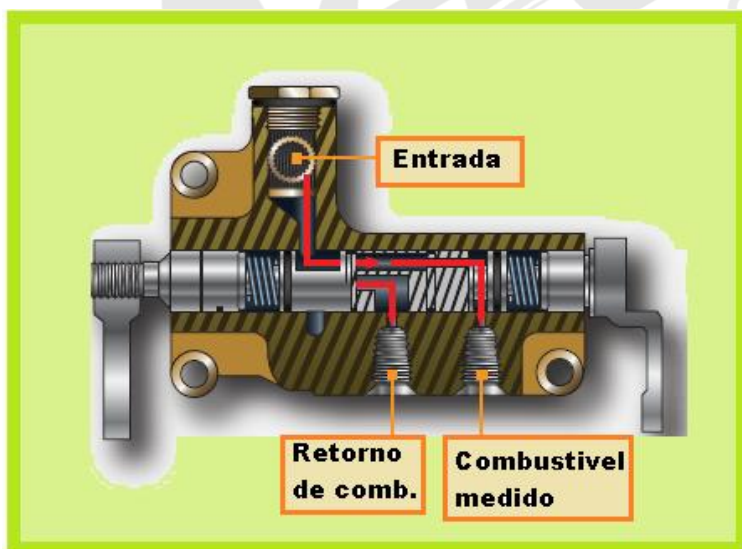


O corpo do controle de combustível é feito em bronze para melhor ação de rolamento com as válvulas de aço inoxidável.

Sua furação central contém uma válvula medidora em uma extremidade e uma válvula de controle de mistura na outra extremidade. Cada válvula rotativa de aço inoxidável inclui uma ranhura que forma a câmara de combustível.

O combustível entra na unidade de controle através de um filtro e passa para a válvula medidora (Figura 3-37).

A válvula rotativa possui uma aresta de forma excêntrica na parte externa do terminal da face. A posição do excêntrico no porte de liberação do combustível controla o combustível, que é passado para a válvula do duto principal e para os injetores.



Fonte: FAA - Aviation Maintenance Technician Handbook – Powerplant - Volume 1

Figura 3-37 Conjunto de controle de combustível.

O porte de retorno de combustível é conectado à passagem de retorno do centro do plugue medidor. O alinhamento da válvula de controle de mistura com esta passagem determina o montante do combustível que será retornado para a bomba. Através da conexão da válvula medidora com o ar de aceleração, o fluxo próprio de combustível é proporcional ao fluxo de ar para a correta razão combustível/ar.

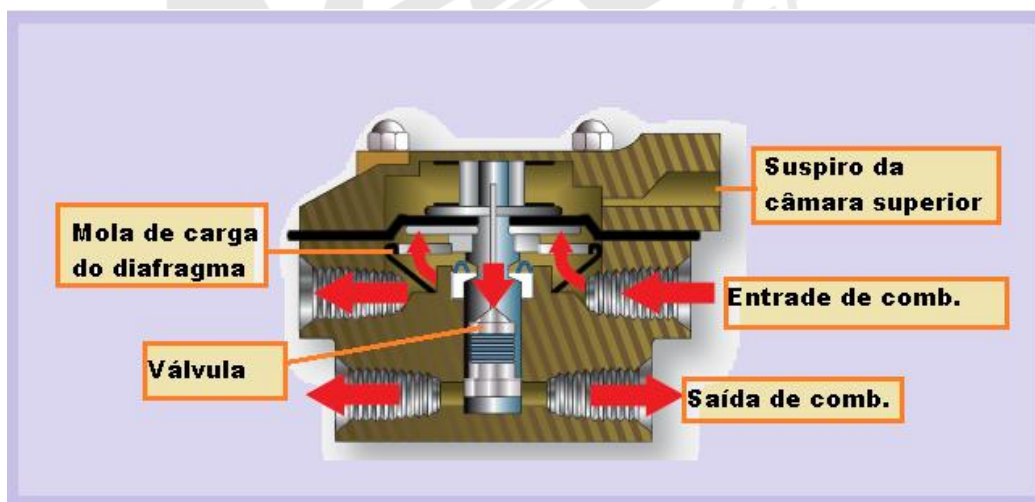
O controle de nível é montado no eixo da válvula de controle de mistura e conectado ao controle de mistura na cabine de comando.

### Válvula do Duto Principal de Combustível

A válvula do duto principal de combustível (Figura 3-38) contém uma entrada de combustível, uma câmara diafragma e portes de saída para as linhas dos injetores individuais. Um diafragma carregado por mola opera a válvula no orifício central do corpo. A pressão de combustível fornece a força para mover o diafragma.

Quando a válvula é abaixada contra a sede sobreposta no corpo, as linhas de combustível para os cilindros são fechadas.

A válvula é furada para a passagem do combustível da câmara do diafragma para sua base e uma válvula de esfera é instalada dentro da válvula. Toda a entrada de combustível deve passar através de uma fina tela instalada na câmara do diafragma.



Fonte: FAA - Aviation Maintenance Technician Handbook – Powerplant - Volume 1

Figura 3-38 Conjunto da válvula do duto principal de combustível.

Da válvula de controle de injeção, o combustível é liberado para a válvula do duto principal, que fornece o ponto central para a divisão do fluxo de combustível para os cilindros individuais.

Na válvula do duto principal, um diafragma levanta ou abaixa a válvula de imersão para abrir ou fechar, simultaneamente, os portes de suprimento de combustível para cada cilindro.

## Injetores de Descarga de Combustível

Os injetores de descarga de combustível estão localizados na cabeça do cilindro, com sua saída direcionada para o porte de entrada. O corpo do injetor, ilustrado na figura 3-39, contém um orifício central de passagem com um corpo rebaixado em cada extremidade.



Fonte: FAA - Aviation Maintenance Technician Handbook – Powerplant - Volume 1

Figura 3-39 Injetor de descarga de combustível.

A extremidade inferior é usada como câmara para a mistura do combustível/ar antes da atomização chegar ao injetor. O corpo superior contém um orifício removível para calibragem dos injetores.

Os injetores são calibrados em várias faixas e todos os injetores fornecidos para um motor têm o mesmo ajuste. São identificados por uma letra estampada no sextavado do corpo do injetor.

Furos radiais de passagem conectam a parte superior alargada com a saída do corpo do injetor. Esses furos entram no corpo rebaixado acima do orifício e puxam o ar através de uma tela cilíndrica, fixada ao redor do corpo do injetor.

Uma proteção é fixada por pressão no corpo do injetor e se estende ao redor da maior parte da tela do filtro, mantendo aberto próximo ao topo. Isto proporciona tanto proteções mecânicas como trocas repentinas na direção do fluxo do ar e, assim, mantém a sujeira e o material estranho fora do injetor.

### 3.3 MANUTENÇÃO DE CARBURADORES

Os procedimentos de remoção poderão variar, tanto com os tipos de carburador, quanto com o tipo de motor que está sendo usado. Geralmente estes procedimentos deverão ser muito parecidos, independente do tipo de carburadores. Algumas precauções gerais são discutidas abaixo.

Antes de se remover o carburador, é preciso que a válvula de corte de combustível (ou seletora) esteja fechada. Desconectam-se as hastes de controle do acelerador misturando-as, e freando a válvula aceleradora na posição fechada.

Desconecta-se a linha de entrada de combustível e todo o retorno de vapor, indicador de pressão e linhas de partida (PRIMER LINES).

Se o mesmo carburador é para ser reinstalado, não se altere o ajuste dos controles de aceleração e mistura. Remove-se a entrada e o adaptador da entrada do ar, assim como os filtros de ar e juntas do carburador.

As porcas e arruelas que seguram (fixam) o carburador ao motor são removidas. Quando se remove uma parte do carburador, é preciso ter a certeza de que nada caiu dentro do motor. Remove-se o carburador, imediatamente instala-se uma cobertura de proteção no flange de montagem do carburador para prevenir que pequenas partes ou material estranho caiam dentro do motor.

Quando houver perigo de material estranho entrar nas linhas de combustível durante a instalação ou remoção do carburador, elas são cobertas com fitas.

### **Instalação do Carburador**

Verifica-se no carburador a frenagem apropriada antes da instalação no motor. Todos os tampões de transporte devem ser removidos das aberturas do carburador.

Remove-se a cobertura protetora do flange de montagem do carburador no motor, colocando a junta no flange de montagem na posição. Em alguns motores, passagens de sangria são incorporadas na espera de montagem. A junta deve ser instalada, tal que o furo de sangria esteja alinhado com a passagem no flange de montagem.

Inspecionam-se as passagens de indução quanto à presença de qualquer corpo estranho antes da instalação do carburador.

Tão logo o carburador seja colocado na posição no motor, fecha-se e frena-se as válvulas aceleradoras na posição, até que o restante da instalação esteja completo.

Onde for praticável, o filtro do compartimento do carburador é colocado em posição para ajudar a eliminar a possibilidade de objetos estranhos entrarem no sistema de indução.

A respeito da instalação de carburador, que usa diafragmas para controlar o fluxo de combustível, conectam-se as linhas de combustível, abastecendo o carburador com combustível. Para isto, liga-se a bomba de combustível (BOOSTER), e move-se o controle de mistura para a posição de "IDLE CUT OFF".

O fluxo é contínuo, até que o combustível que flua da válvula dreno do "SUPERCHARGER" esteja livre de óleo. O que indica que o óleo preservativo foi eliminado do carburador.

O fluxo de combustível é desligado, a entrada e saída de ventilação do vapor são fechadas e o carburador abastecido para aguardar no mínimo 8 horas. Isto é necessário para manter os diafragmas encharcados e devolver-lhes a flexibilidade para o grau que devem ter, quando a unidade for originalmente calibrada.

Apertam-se os parafusos de montagem do carburador com valores especificados na tabela de limite de torque conforme o manual de manutenção. Quaisquer outras porcas ou parafusos que possa haver na instalação do carburador, são apertados e frenadas antes de conectar as manetes de controle de aceleração e mistura. Após o carburador ter sido fixado no motor, verificam-se as manetes de controle de mistura e aceleração na unidade quanto a liberdade de movimento, antes de conectar os cabos ou hastes de controle.

Verificam-se as linhas de ventilação de vapor do carburador para o tanque de combustível do avião quanto à restrição por bloqueio através da linha.

### **Regulagem dos Controles do Carburador**

Conecta-se e ajusta-se o carburador ou os controles de aceleração e equipamento de medição de combustível quanto ao total movimento do acelerador, que é obtido com o correspondente movimento total do controle na cabine de comando. Em adição, verificam-se e ajustam-se as hastes de controle do acelerador para que o "BATENTE-MOLA" (SPRINGBACK) no quadrante do acelerador no avião seja igual em ambas às posições: "FULL OPEN" e "FULL CLOSED". Qualquer excesso, diminuindo ou aumentando as hastes de controle ou cabos, deve ser corrigido.

Quando da instalação de carburadores ou equipamento de medição de combustível, ajusta-se o mecanismo de controle de mistura para prover um montante igual de "BATENTEMOLA" (SPRINGBACK). Em ambos os terminais do quadrante de controle "RICH" e "LEAN", na cabine de comando, quando o controle de mistura no carburador ou equipamento de medição de combustível é movido através do limite máximo.

Onde controles de mistura com batente forem usados, regula-se o mecanismo de controle para que a posição determinada no quadrante de controle no avião deva coincidir com as posições correspondentes no carburador ou equipamento de medição de combustível.

Em todos os casos verificam-se os controles adequados de posicionamento em ambas as posições "ADVANCE" e "RETARD". As folgas ou perdas nas hastes de controle ou cabos são corrigidas. Todos os controles devem estar ajustados apropriadamente para eliminar a possibilidade de perdas por vibração durante a operação.

### **Ajuste das Misturas de Marcha Lenta**

Excessivamente ricas ou pobres as misturas de lenta resultam em combustão incompleta no cilindro do motor, com resultante formação de depósitos de carvão nas velas de ignição e subsequente falha nas velas. Em adição, as excessivas misturas de lenta, ricas ou pobres, são necessárias para o táxi de velocidades de marcha lenta alta (HIGH IDLE), como resultante de altas velocidades de táxi e excessivo uso dos freios. Cada motor deve ter a mistura de lenta no carburador ajustada para a instalação do motor em particular, para se obter melhor operação.

Motores que são adequadamente ajustados não terão problemas com operação de válvula, compressão de cilindro e ignição, o que concerne a mistura de lenta do carburador, manterá a lenta na RPM, descrita por indefinidos períodos sem aumento de carga, superaquecimento ou falha de vela.

Se o motor não responder ao ajuste para a mistura de lenta com o resultado de características estáveis, de lentas previsíveis não descritas, indica que alguma outra fase de operação do motor não está correta. Em tais casos, determina-se a causa da dificuldade, corrigindo-a.

Em todas as instalações do avião, onde manômetros de pressão do duto principal são usados, haverá um fornecimento consistente da indicação de troca de força em velocidade de lenta, maior que o tacômetro. Por este motivo, o manômetro de pressão do duto principal é utilizado quando se ajusta a mistura combustível/ar de lenta. A mistura de lenta e velocidade, em todos os tipos de motores alternativos, é verificada e ajustada.

Os ajustes de mistura de lenta são feitos com a temperatura na cabeça do cilindro em valores normais (em torno de 150° a 170° C) e nunca com temperaturas que se aproximam da máxima permitida.

O ajuste da mistura de lenta é feito na válvula de controle de combustível de lenta. Isto não deve ser confundido com o ajuste do batente de velocidade de lenta. A importância do ajuste da mistura de lenta não pode ser supertensionado.

A operação ótima do motor em baixas velocidades pode ser obtida apenas quando a mistura combustível/ar apropriado é liberada para cada cilindro do motor. Misturas de lenta, excessivamente ricas, e a resultante combustão incompleta são responsáveis por mais falhas nas velas que qualquer outra causa simples. Misturas de lenta excessivamente pobre resultam em falhas de aceleração. Para maior ajuda, os efeitos do ajuste da mistura combustível/ar no motor melhoram a operação em limite de cruzeiro.

Em um motor que possui carburador convencional, a mistura de lenta é verificada através do empobrecimento manual da mistura com o controle de mistura na cabine de comando. Move-se o controle de mistura do carburador lenta e suavemente em direção e posição de "IDLE CUT OFF" ao mesmo tempo, observando o manômetro de pressão do duto principal para determinar se a pressão deste diminui antes de aumentar assim que o motor pare de funcionar. A mistura ótima é obtida quando a pressão do duto principal diminui imediatamente, precedida pelo aumento de pressão no duto principal quando o motor para de funcionar.

O montante do decréscimo deverá variar com a construção e modelo do motor e instalação. Como regra geral, o montante de pressão no duto principal deverá diminuir aproximadamente 1/4" (um quarto de polegada).

Nas instalações que não usam um manômetro no duto principal de pressão, será necessário observar o tacômetro para uma indicação de troca de RPM.

Com mais instalações, a mistura de lenta deverá ser ajustada para prover uma razão de RPM antes para diminuir, quando cortar o motor.

Este aumento de RPM deverá variar de 10 a 50 RPM, dependendo da instalação.

Seguindo o momentâneo aumento da RPM, a velocidade do motor deverá começar a cair. Imediatamente, o controle de mistura para trás ("AUTO RICO"), é movido para prevenir que o motor corte completamente.

Nos motores com injeção de combustível direta, a troca de mistura durante o empobrecimento manual com o controle de mistura é usualmente tão rápido que é impossível notar qualquer aumento momentâneo na RPM, ou diminuição da pressão no duto principal. Por este motivo, nesses motores, a mistura de lenta é ajustada ligeiramente mais pobre que a melhor tração, sendo verificada através do enriquecimento da mistura com o "PRIMER".



Para a verificação da mistura de lenta na instalação da injeção de combustível, primeiro ajusta-se o acelerador para obter a velocidade de lenta apropriada. Então, momentaneamente comprime-se a chave do "PRIMER" enquanto observa-se o tacômetro e o manômetro de pressão do duto principal. Se a mistura de lenta está correta, o combustível adicionado através do "PRIMER" deverá causar um momentâneo aumento na velocidade do motor, e uma momentânea queda na pressão do duto principal. Se o aumento na velocidade do motor, ou a diminuição da pressão no duto, exceder os limites especificados para uma instalação em particular, a mistura de lenta é muito pobre (muito pobre em relação a melhor potência). Se a RPM cair totalmente quando a mistura é enriquecida com o "PRIMER", a mistura de lenta está muito rica.

Antes de se verificar a mistura de lenta em qualquer motor, ele já aquecido até que a temperatura do óleo e da cabeça do cilindro esteja na temperatura normal.

O controle da hélice é mantido para um aumento de RPM, ajustando através do processo completo de aquecimento do motor, verificando a mistura e fazendo o ajuste de lenta. O controle de mistura, em "AUTO-RICH" é mantido exceto pelo empobrecimento manual, requerido na verificação da mistura de lenta nos carburadores que equipam os motores.

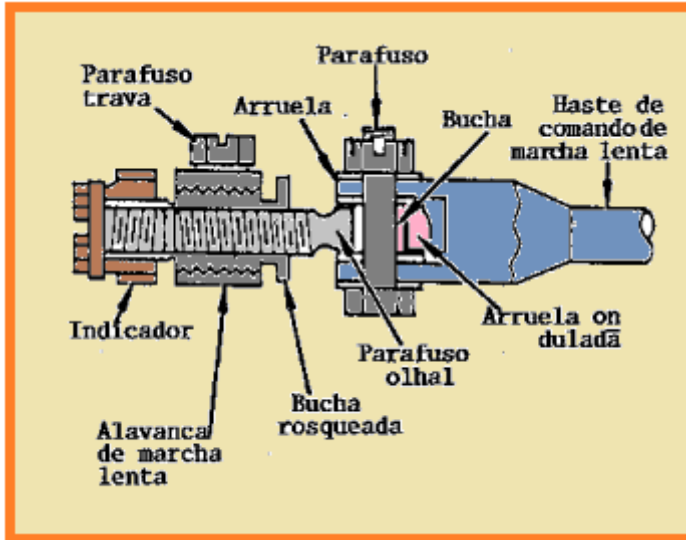
Quando usando o "PRIMER" para verificação da mistura de lenta nos motores com injeção de combustível, simplesmente aperta-se o botão de "PRIMER". Por outro lado, um adicional muito grande de combustível deverá ser introduzido e uma indicação satisfatória deverá ser obtida através da mistura de lenta quando ajustada para muito pobre.

Se a verificação da mistura de lenta revelar que está muito pobre ou muito rica, o fluxo de combustível de lenta é aumentado ou diminuído, como necessário.

A mistura de lenta continua sendo verificada e ajustada, até que as verificações terminem propriamente. Durante este processo, é necessário mover o batente de velocidade de lenta completamente para fora de seu curso e manter a velocidade do motor na RPM desejada através dos meios de aceleração. Isto deverá eliminar a necessidade de frequentes reajustes do batente de lenta, assim como a mistura de lenta para melhorar e aumentar a sensibilidade da velocidade.

Depois de cada ajuste, o motor é liberado para um rápido funcionamento em alta RPM. Isto evita falha das velas que, certamente, por outro lado, será causada pela mistura de lenta incorreta. Depois do ajuste da mistura de lenta, verificam-se várias vezes para determinar definitivamente que a mistura está correta e permanece constante nas repetidas trocas de alta tração retornando para a lenta. Qualquer inconsistência de lenta no motor, antes de disponibilizar o avião para serviço, é corrigida.

Nos carburadores tipo injeção STROMBERG, e nas unidades de controle principal de injeção direta de combustível, a haste de controle de lenta, localizada entre a haste da válvula e a manete de controle de lenta no eixo do acelerador, incorpora uma bucha colocada em cada extremidade (Veja figura 3-41).



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 3-41 Mecanismo de ajuste da mistura em marcha lenta, dos carburadores de injeção Stromberg.

O parafuso deve estar apertado, e ter as arruelas onduladas e conjuntos de buchas. Em adição, ele não deve ter folga entre a haste e a manete. Se houver alguma folga no terminal da haste, misturas erradas poderão ocorrer. Se a suficiente variação de mistura não pode ser obtida pelo ajuste normal de mistura de lenta na injeção do carburador STROMBERG, desconecta-se a haste do terminal da válvula de lenta pela remoção do parafuso e arruela auto frenante.

Então, para maior alteração na mistura, gira-se para fora ou para dentro (para fora para enriquecer, para dentro para empobrecer). Uma volta no parafuso equivale a 13 Nós, ou "CLICKS", no ajuste de lenta normal.

### Ajuste de Velocidade de Marcha Lenta

Depois de ajustar a mistura de lenta, o batente de "IDLE" é recomposto para a RPM de lenta, especificada no manual de manutenção do avião.

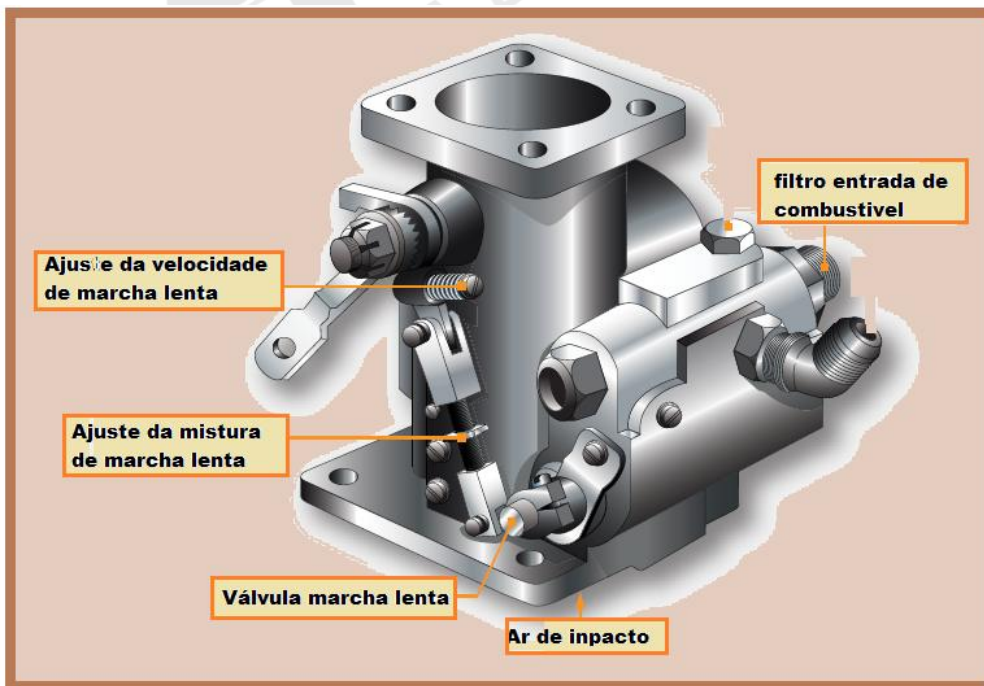
O motor deve estar aquecido e verificado quanto a um mau funcionamento do sistema de ignição.

Depois de terminado qualquer procedimento de ajuste no carburador, coloca-se para funcionar o motor, com aproximadamente metade da razão normal de velocidade para liberar o motor.

Alguns carburadores são equipados com parafusos excêntricos para ajuste da RPM de lenta. Outros usam um parafuso carregado por mola para limitar o fechamento da válvula aceleradora.

Em ambos os casos, o ajuste do parafuso é necessário para aumentar ou diminuir a RPM, com o acelerador retardado contra o batente.

Abre-se o acelerador para liberar o motor, fecha-se o acelerador e mantém-se a RPM para estabilizar. Esta operação é repetida até que a velocidade de lenta seja obtida.

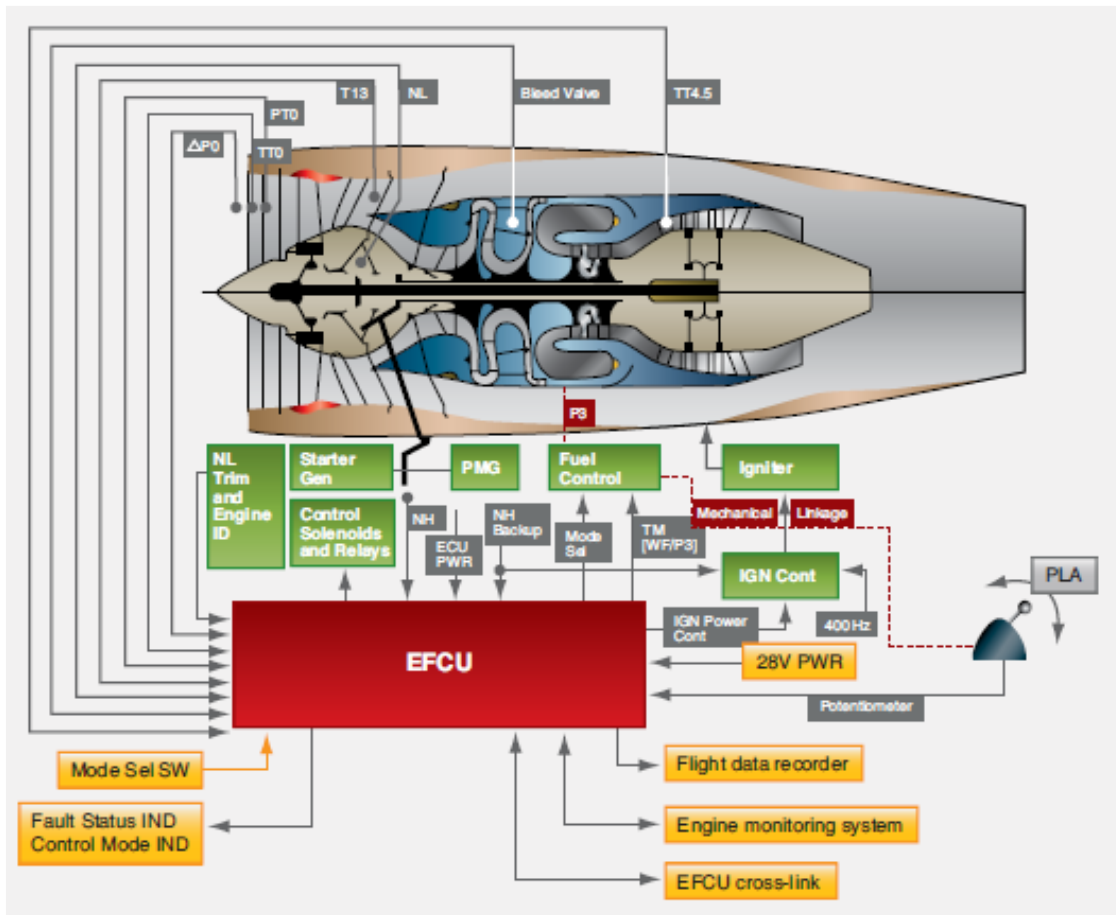


Fonte: FAA - Aviation Maintenance Technician Handbook – Powerplant - Volume 1



## Referência Bibliográfica





Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

## MÓDULO IV

### SISTEMA DE MEDIÇÃO DE COMBUSTÍVEL DE MOTOR À REAÇÃO

#### INTRODUÇÃO

Caro aluno,

No módulo anterior vimos o sistema de formação de mistura usado em motores convencionais. Você aprendeu como funcionam os carburadores e seus sistemas. Neste módulo, você irá aprender sobre o sistema de formação de mistura de um motor à reação. Devido à demanda de combustível exigido na operação destes motores, este sistema é muito mais complexo em relação aos usados em motores convencionais.

## **4.1 MANUTENÇÃO E INSPEÇÃO DO SISTEMA DE COMBUSTÍVEL**

A inspeção da instalação do sistema de combustível consiste basicamente de um exame do sistema em conformidade com as necessidades do projeto, junto com testes funcionais para provar a correta operação.

Desde que existam consideráveis variações nos sistemas de combustível usados nos diferentes aviões, não procuraremos fazer uma descrição de nenhum sistema em detalhes. É importante que as instruções do fabricante para o avião sejam seguidas quando forem realizadas as funções de inspeção e manutenção.

### **Sistema Completo**

O sistema é inspecionado quanto ao uso, danos ou vazamentos. Todas as unidades devem estar seguramente fixadas e frenadas.

Os tampões de drenos ou válvulas do sistema de combustível devem ser abertos e verificados quanto à presença de sedimentos ou água.

O filtro e o alojamento (SUMP) devem ser também verificados quanto a sedimentos, água ou limo. Os filtros ou telas, incluindo aqueles que provêm dos medidores de fluxo e bombas auxiliares, devem estar limpos e livres de corrosão.

Os controles devem ser verificados quanto à liberdade de movimento, segurança de bloqueio e liberdade de danos devido a aquecimentos. As ventilações de combustível devem ser verificadas quanto ao correto posicionamento e liberdade quanto à obstrução. De outra maneira, o fluxo de combustível ou a pressão de combustível pode ser afetado.

Os drenos do gargalo de abastecimento devem ser verificados quanto à liberdade de obstrução.

Se as bombas "BOOSTER" estão instaladas, o sistema deve ser verificado quanto a vazamentos através da operação das bombas. Durante esta verificação, o medidor de amperagem ou medidor de carga deve ser lido e a leitura de todas as bombas, onde aplicável, deve ser aproximadamente a mesma.

### **Tanques de Combustível**

Todos os painéis aplicáveis no revestimento ou estrutura do avião, devem ser removidos e os tanques devem ser inspecionados quanto à corrosão nas superfícies externas, quanto a segurança de fixação e o ajuste correto nos fixadores e cordas de fixação. Verificam-se os suportes e conexões quanto a vazamentos ou falhas.

Alguns tanques de combustível fabricados de liga leve são equipados com cartuchos inibidores, para reduzir os efeitos da corrosão combinados e conduzidos através do combustível e da água.

Onde aplicável, o cartucho deve ser inspecionado e renovado em determinados períodos.

### **Linhas e Fixadores**

As linhas devem estar devidamente fixadas e as porcas e braçadeiras seguramente apertadas.

Para se apertar braçadeiras de mangueira com o torque apropriado, usa-se torcômetro.

Se esta ferramenta não está disponível, aperta-se a braçadeira com uma ferramenta manual. (Ref. Livro Matérias Básicas, Capítulo 5). Se a braçadeira não vedar com o torque específico, ela é substituída. Depois da instalação da nova mangueira, as braçadeiras são verificadas e apertadas, se necessário.

Quando a verificação diária para de ceder, inspecionam-se as braçadeiras em intervalos menos frequentes.

A mangueira é substituída se a capa tiver sido separada, se ela apresentar excessiva dilatação ou se estiver enrijecida.

Permanentes impressões da braçadeira e rachaduras no tubo ou na cobertura de armazenamento indicam excessiva dilatação. As mangueiras que entraram em colapso são substituídas, como resultado do desalinhamento de suportes ou linhas.

Algumas mangueiras tendem a alargar-se nas extremidades além das braçadeiras. Isto não é uma condição insatisfatória a não ser que haja vazamento.

Bolhas podem se formar na cobertura externa de borracha sintética da mangueira. Essas bolhas não afetam necessariamente o seu uso. Quando a bolha é descoberta, ela é furada logo após ser removida do avião. Se o fluido (óleo, combustível ou hidráulico) emergir do furo da bolha, condena-se a mangueira. Se apenas ar emergir, é feito um teste de pressão.

Se não ocorrer vazamento de fluido, a mangueira pode ser considerada como utilizável. Furos na cobertura externa podem permitir a entrada de elementos corrosivos, como água, que poderá atacar a fiação de cobertura e, finalmente, resultar em sua falha. Por esta razão, furação na cobertura externa da mangueira, que a expõe para os elementos, deve ser evitada.



A superfície externa da mangueira pode desenvolver pequenas rachaduras, usualmente pequenas e curtas, que são causadas pela ação do tempo na superfície. O conjunto da mangueira pode ser considerado como utilizável, desde que estas rachaduras não penetrem para a primeira lona.

### **Válvula Seletora**

Giram-se as válvulas seletoras e verifica-se quanto a operação livre, excessiva trepidação e corretos pontos de indicação. Se a trepidação é excessiva, verifica-se o mecanismo de operação quanto às junções gastas, falta de pinos e orelhas de acionamento quebradas. Qualquer parte defeituosa é substituída.

Os sistemas de cabos de controle são inspecionados quanto a desgastes, roldanas danificadas, ou rolamentos de roldanas gastos.

### **Bombas**

Durante uma inspeção de bombas ("BOOSTER") auxiliares, verificam-se as seguintes condições: (1) operação apropriada; (2) vazamentos e condição das conexões elétricas e de combustível; e (3) desgaste das escovas.

As linhas de dreno devem estar livres de obstruções, dobradas ou com restrições. É preciso que a bomba seja acionada pelo motor quanto a vazamentos e segurança dos montantes. Verificam-se, também, as linhas de ventilação e dreno quanto a obstruções.

### **Filtros das Linhas Principais**

Drena-se a água e sedimentos do filtro da linha principal a cada inspeção de pré-voo. A tela é removida e limpa em períodos especificados no Manual de Manutenção do Avião. Partículas de borracha são frequentemente avisos prematuros de deterioração de mangueira. Verifica-se quanto a vazamentos e danos nas gaxetas.

## **Indicadores de Quantidade de Combustível**

Se o indicador visual (SIGHT GAGE) é usado, o vidro tem que ficar claro e sem vazamentos nas conexões. As linhas de condução quanto a vazamentos e segurança nas fixações devem permanecer.

Os indicadores mecânicos são verificados quanto à liberdade de movimento do braço da boia e a apropriada sincronização do ponteiro com a posição.

Nos indicadores elétricos ou eletrônicos, o indicador e as unidades do tanque precisam ficar montados e suas conexões elétricas apertadas.

## **Indicador de Pressão de Combustível**

Verifica-se o ponteiro para tolerância zero e excessiva oscilação, a cobertura de vidro, quanto à perda das marcações de limitações e as linhas e conexões quanto a vazamentos. Não deve haver obstrução na ventilação.

## **Sinal de Aviso de Pressão**

Inspeciona-se a instalação quanto à segurança de montagem e condição das conexões de ar, combustível e elétrica.

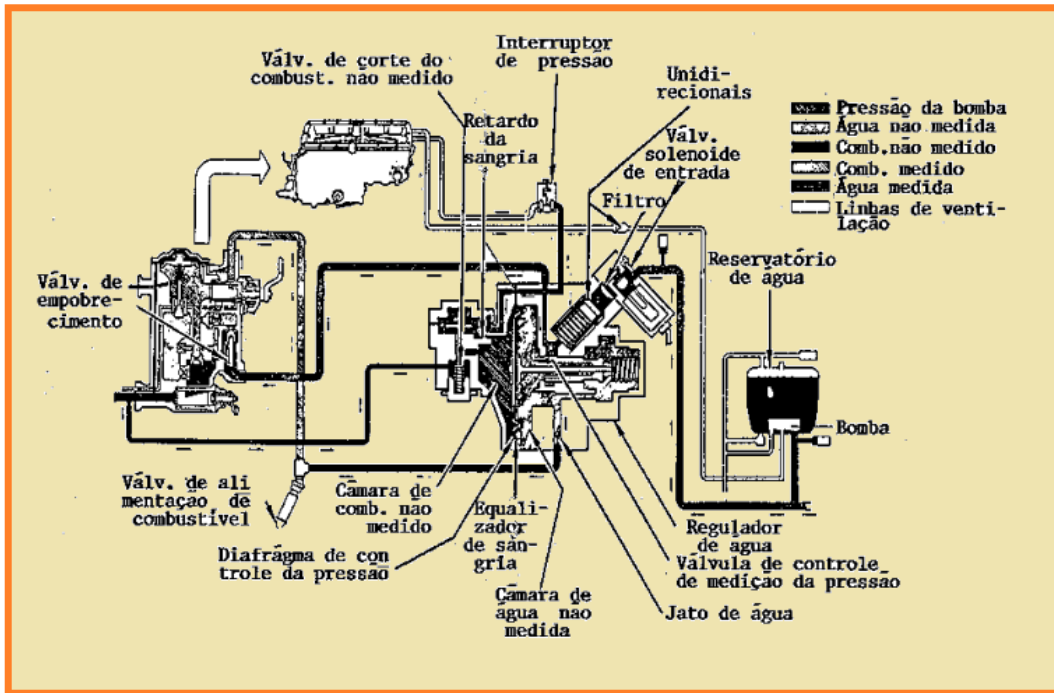
Verifica-se a lâmpada através da pressão da chave de teste, a operação que liga a chave da bateria e o aumento de pressão com a bomba "BOOSTER", observando a pressão que deverá apagar a luz. Se necessário, ajusta-se o mecanismo de contato.

## **Sistema de Injeção de Água para Motores Convencionais**

São poucos os que ainda estão sendo usados, mas o sistema de injeção de água disponibiliza mais tração, que será obtida do motor em potência de decolagem. O carburador (operando em ajustes de alta tração) libera mais combustível do que o motor realmente precisa.

O empobrecimento da mistura deverá produzir mais força, contudo, o combustível adicional é necessário para prevenir superaquecimento e detonação.

Com a injeção de um fluido antidetonante, a mistura pode ser mais empobrecida do que àquela que produz a máxima tração e a vaporização da mistura água/álcool, que provê a refrigeração formada pelo suprimento em excesso de combustível. (Figura 3-42).



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 3-42 Diafragma esquemático de um típico sistema ADI.

Operando nesta melhor mistura para tração, o motor desenvolve mais força, nivelado através da pressão do duto principal e ajuste de RPM sem variação. Em adição a isto, a pressão do duto principal pode ser aumentada para o ponto que poderá causar detonação sem injeção da mistura água/álcool.

Desse modo, o aumento da tração com a injeção antidetonante é duplamente vantajosa: o motor pode ser operado na mistura de melhor potência e a pressão máxima do duto principal pode ser aumentada.

#### 4.2 SISTEMA DE COMBUSTÍVEL PARA MOTORES A TURBINA - REQUISITOS GERAIS

O sistema de combustível é um dos aspectos mais complexos do motor de turbina a gás. A variedade dos métodos usados para atender as mais variadas necessidades do motor a turbina, fazem com que a carburação do motor convencional se torne simples na comparação.

É possível aumentar ou diminuir a potência, para ser obtida a tração requerida a qualquer condição operacional. Nos aviões equipados com turbina, este controle é provido pela variação do fluxo de combustível para as câmaras de combustão. Contudo, aviões turboélice podem usar hélices de passo variável. Deste modo, a seleção de tração é alcançada através de duas variáveis controláveis, o fluxo de combustível e o ângulo da pá da hélice.

A quantidade de combustível fornecida deve ser ajustada automaticamente para corrigir as trocas na pressão ou temperatura ambiente. Se a quantidade de combustível se tornar excessiva em relação à massa do fluxo de ar através do motor, a limitação de temperatura das palhetas da turbina pode ser excedida, ou poderá produzir a queda de pressão do compressor (compressor stall) e uma condição de corte do motor por mistura rica, referida como "Rich Blowout".

Essa condição ocorre quando o volume de oxigênio no ar de suprimento não é suficiente para manter a combustão e quando a mistura é resfriada abaixo da temperatura de combustão através do excesso de combustível. No outro extremo, o corte por mistura pobre, "Lean dieout", ocorre se a quantidade de combustível é reduzida proporcionalmente abaixo da quantidade de ar. O sistema deve liberar combustível para a câmara de combustão, não apenas na quantidade certa, mas também na condição certa, para satisfazer a combustão. Os injetores de combustível formam parte do sistema de combustível e atomizam ou queimam o combustível que deverá ser eficiente.

O sistema deve, também, suprir combustível para que o motor possa ser facilmente colocado em funcionamento no solo e no ar.

Estes são os meios que deverão injetar o combustível dentro das câmaras de combustão, em condições para queimar, quando o motor estiver sendo operado lentamente pelo sistema de partida. Essa combustão deve ser sustentada até que o motor seja acelerado para sua velocidade normal.

Outra condição crítica que o sistema de combustível deve responder ocorre durante uma aceleração rápida. Quando o motor é acelerado, energia deve ser fornecida para a turbina acima do que é necessário para manter a RPM constante. Contudo, se o fluxo de combustível aumentar muito rapidamente, uma mistura super-rica poderá ser produzida, com a possibilidade de uma "RICH BLOWOUT". Motores Turbojato, Turbofan e Turboélice são equipados com uma unidade de controle de combustível que satisfaz automaticamente as necessidades do motor.

Através de necessidades básicas aplicáveis, geralmente para todos os motores de turbina a gás, o meio com o qual os controles individuais de combustível necessitam não pode ser convenientemente generalizado.

Cada fabricante de unidade de controle de combustível tem sua própria peculiaridade de reunir as demandas para o motor.

### **4.3 CONTROLE DE COMBUSTÍVEL DOS JATOS**

Os controles de combustível podem ser divididos em dois grupos básicos:

- (1) Hidromecânico;
- (2) Eletrônico.

O controle de combustível eletrônico é uma combinação dos dois grupos básicos. A maioria dos controles de combustível em uso é do tipo completamente hidromecânico.

Indiferentemente do tipo, todos os controles de combustível executam essencialmente as mesmas funções, apenas alguns sensores a mais nos motores variam dos outros.

O controle de combustível sente a posição da manete de potência, RPM do motor, cada uma das pressões de entrada do compressor ou temperatura e pressão de queima ou pressão de descarga do compressor. Essas variações afetam o volume de tração que o motor poderá produzir pela demanda do fluxo de combustível.

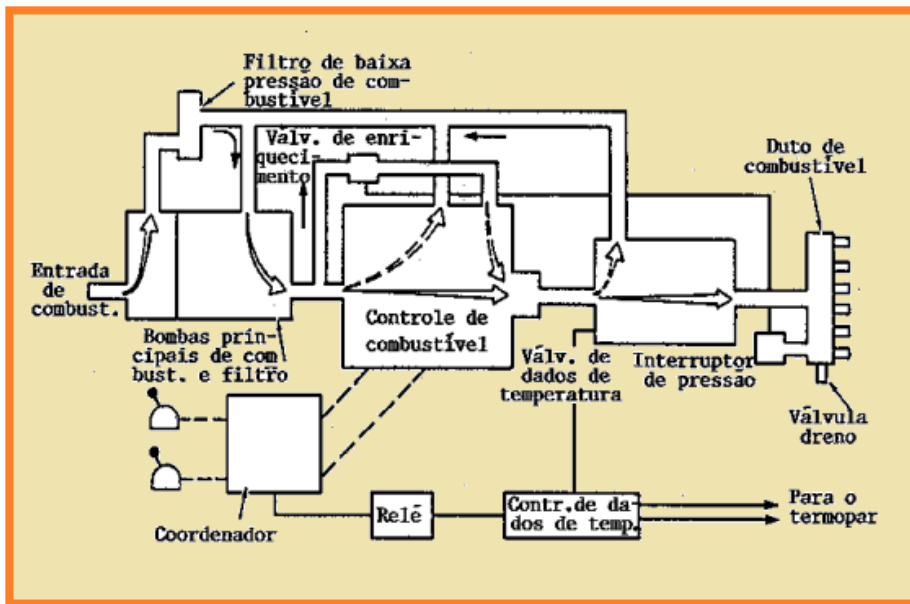
### **Controle Hidromecânico**

Os controles dos jatos de combustível são dispositivos complexos. Os tipos hidromecânicos são compostos por governadores de velocidade, sistema de servos, válvulas piloto e luvas, sinal de retorno ou meios de verificação e sistemas de medição. Em adição, os controles eletrônicos de combustível incorporam amplificadores, termopares, relés, sistemas servo elétricos, chaves e solenoides.

Cada controle de combustível deve ser estudado para poder ser entendido. Um sistema de controle eletrônico de combustível e outro típico de controle de combustível hidromecânico serão discutidos. Para informações específicas necessárias para inspeção ou manutenção de instalações particulares ou da unidade, consulte as instruções do fabricante.

### **Controle Eletrônico**

Os principais componentes do sistema "Temperature datum" do Turboélice (ALLISON 501-D13) são as válvulas T.D., o coordenador, controle de combustível, SPEED SENSITIVE CONTROL, válvula DRENO do duto de combustível, e o ELETRONIC TEMPERATURE DATUM CONTROL.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 3-43 Esquema do sistema de combustível do motor Allison 501-D13.

### "Temperature Datum Valve"

A válvula de controle de dados de temperatura (figura 3-44) ou válvula T.D. (Temperature Datum Valve) é o meio de ajuste fino no fluxo do sistema de combustível do motor, entre o controle principal e o duto de combustível.

A DATUM VALVE opera em conjunto com o controle eletrônico associado da válvula T.D., ajusta o combustível fornecido do controle principal para manter a temperatura pré-selecionada na entrada da turbina.

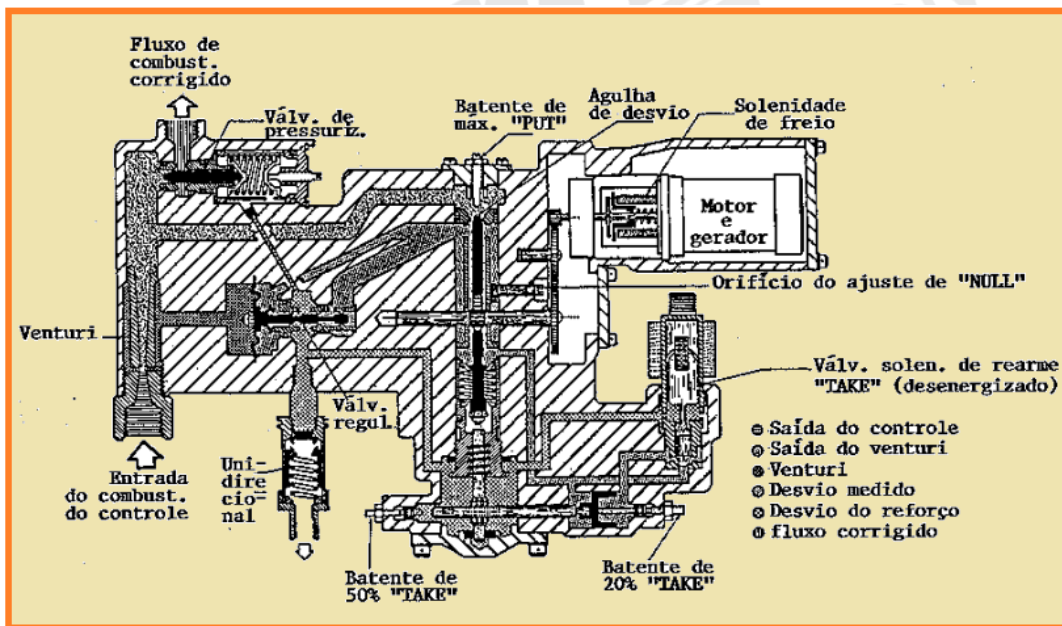
A válvula consiste de um venturi, uma válvula reguladora, uma válvula medidora com um conjunto de luvas e uma válvula pressurizadora. A válvula T.D. apresenta um parafuso de batente variável, atuado através de uma válvula solenoide e de um pistão de acionamento. Isto limita a quantidade total de fluxo de combustível do motor que pode ser reduzido.

A válvula reguladora mantém uma pressão ao redor do orifício da válvula medidora, proporcional à quantidade montante de combustível que está sendo suprido para a válvula T.D.

A válvula medidora é posicionada por suas luvas e orifícios através do motor da válvula T.D., em resposta aos sinais do controle eletrônico associado. A rotação do motor é aplicada através de uma engrenagem de redução para o pino de acionamento da válvula medidora, esta determina a percentagem de combustível que deve ser ajustado (TRIMMED) do suprimento de combustível do motor e do derivado para as bombas.

A válvula pressurizadora está localizada imediatamente acima da saída de combustível da válvula T.D., ela é carregada por mola para manter uma pressão residual no sistema de combustível. O lado de baixa pressão da válvula pressurizadora é ventilado através de uma saída de sangria, para derivar a pressão da saída da bomba "BOOSTER".

A sangria de saída minimiza os efeitos da variação de pressão do combustível na operação da válvula pressurizadora. O parafuso de batente variável permite a redução no fluxo de combustível nominal para o motor. O batente é posicionado através do pistão de acionamento. A válvula solenoide de duas posições direciona o fluido sob pressão para o pistão de acionamento, para estabelecer uma tomada de posição do parafuso batente.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 3-44 diagrama esquemático da válvula T.D.

### Venturi e Válvula Reguladora

Combustível medido sob pressão, do controle principal, ao sair entra na válvula T.D. através de um venturi. A pressão de combustível na garganta do venturi é uma amostra para prover um sinal de pressão, inversamente proporcional, para o volume de combustível que entra na válvula T.D.



O combustível sob pressão na garganta do venturi é aplicado para um lado do diafragma da válvula reguladora, para prover uma força de posicionamento da válvula, inversamente proporcional ao fluxo de combustível através da entrada do venturi.

O combustível da saída do venturi é canalizado diretamente para a válvula pressurizada na saída da T.D. A válvula medidora faz o ajuste fino do combustível em excesso do fluxo de combustível do motor e direciona este combustível em excesso para a válvula reguladora. O combustível sob pressão na saída do venturi flui para a válvula medidora e, através do orifício dessa válvula, para a válvula reguladora. Este combustível é derivado através da abertura da válvula para a saída de derivação da entrada da bomba do motor. Simultaneamente, a pressão medida derivada é reduzida até que chegue a equalizar a pressão da garganta do venturi no lado oposto do diafragma.

Quando a pressão medida derivada equaliza a pressão na garganta do venturi do lado oposto do diafragma da válvula reguladora, um orifício regulado deriva o excesso de combustível do motor que é estabelecido pela válvula reguladora. Simultaneamente, a queda de pressão apropriada pela regulagem fina do suprimento de combustível na garganta do venturi é conseguido em torno do orifício da válvula medidora. Nesta condição balanceada, a elevação de pressão da entrada da garganta do venturi para a saída do venturi equaliza a queda de pressão em torno do orifício da válvula medidora.

Quando a válvula medidora está na posição "NULL", aproximadamente vinte por cento (20%) do total do combustível medido e suprido pela válvula T.D., é retornado para as bombas do motor.

### **Válvula Medidora (metering valve)**

A válvula medidora é reposicionada em seu orifício da posição "NULL" para variar a percentagem de combustível ajustado do venturi de combustível na válvula T.D., desse modo ajustando o montante de combustível liberado para as câmaras do motor.

A válvula medidora é acionada em ambas as direções para "PUT ou TAKE" da posição "NULL", de acordo com a necessidade de temperatura do motor.

A válvula medidora posiciona sinais que são enviados para o controle eletrônico associado que sente as temperaturas no motor.

Quando a válvula medidora é acionada na direção de seu orifício, move-se na direção de "PUT" para reduzir o fluxo de retorno. Isto faz com que o fluxo de combustível para as

câmaras do motor seja aumentado acima de cem por cento (100%) nominal de alimentação, quando a válvula medidora está na posição "NULL".

Simultaneamente, a pressão de retorno é reduzida, permitindo que a pressão na garganta do venturi seja também reduzida pela abertura da válvula, através da qual o combustível é derivado para as bombas do motor.

O orifício da válvula medidora fechando pode continuar até que os contatos da válvula atinjam o batente máximo de "PUT". O batente máximo de "PUT" é ajustado durante a calibração da válvula T.D.

Quando a válvula medidora é acionada para fora do seu orifício de assentamento, ela se move na direção de "TAKE" para aumentar o fluxo da garganta do Venturi para o retorno, causando uma redução do fluxo de combustível para as câmaras do motor, abaixo daquele normalmente fornecido quando a válvula medidora está na posição "NULL".

Concomitantemente, a pressão de retorno é aumentada para mover o diafragma da válvula reguladora contra a pressão na garganta do Venturi, desse modo, aumentando a abertura da válvula reguladora através da qual o combustível é retornado para as bombas do motor. A abertura do orifício da válvula medidora pode continuar até que a válvula medidora faça batente, no variável "TAKE STOP".

O batente variável "TAKE STOP" permite ser acionado através da válvula T.D. O fluxo de combustível para o motor pode ser reduzido permitindo a proteção de temperatura máxima do motor durante a partida.

Quando a velocidade do motor atinge e excede um valor pré-selecionado, a válvula solenoide da válvula T.D. é desenergizada. A ação da válvula solenoide reposiciona o batente variável de "TAKE".

O fluxo de combustível pode então ser reduzido o suficiente para diminuir qualquer condição de superaquecimento durante a operação do motor.

### **Operação do Motor**

A válvula medidora é posicionada em seus orifícios através de um motor bifásico com a válvula T.D. A voltagem de operação do motor é fornecida pela operação do controle eletrônico em combinação com a válvula T.D. A fase da voltagem suprida para o motor determina a direção da rotação do motor e o subsequente movimento da válvula medidora.

A fase de voltagem, em curso, é determinada pelo tipo de correção de temperatura requerida, isto é, o fluxo de combustível do motor precisa ser aumentado para aumentar a temperatura, ou precisa ser reduzido para abaixar a temperatura.

A RPM do motor é transmitida através de engrenagens de redução para a engrenagem de acionamento da válvula medidora em uma das extremidades do eixo. A extremidade oposta do eixo-pino é soldada a um tubo que carrega o pino de acionamento da válvula medidora. Este tipo de construção de "EIXO-PINO" provê um eixo de torção, que reduz o choque mecânico no trem de engrenagens de redução e no motor, se a válvula medidora é acionada contra algum batente.

### **Operação do Motor Gerador**

O motor da válvula T.D. possui um gerador acoplado no eixo do motor. Enquanto o motor está acionando a válvula medidora para trocar a posição da válvula, este gerador acoplado produz voltagem A.C., proporcional a velocidade do motor.

A voltagem A.C. é o retorno para o controle eletrônico associado. A fase desta voltagem A.C. é determinada pela direção da rotação do motor/gerador.

A magnitude da voltagem A.C. é proporcional à velocidade de rotação. Desse modo, o retorno da voltagem provê um sinal de troca de razão, enviando ao controle eletrônico a razão que a válvula medidora é movimentada.

Com o controle eletrônico, esta voltagem amortece, ou reduz o sinal de erro de temperatura, que inicia a rotação do motor. A razão de redução do sinal de erro é proporcional à razão em que o motor gerador está girando. A redução do sinal de erro causa a correspondente redução da variação de fase da voltagem suprida para o motor da válvula T.D.

O sinal desviado de erro lança a ação para obter a estabilidade da válvula T.D., pela redução da força de inércia, sem perda do torque sob condições de perda de sustentação. Deste modo, a temperatura de entrada da turbina aproxima-se do valor correto, a voltagem para o motor é reduzida e o motor estola. Quando o motor estola, a válvula medidora deverá ser devidamente reposicionada para prover a temperatura correta do fluxo de combustível.

### **Freio do Motor**

Um freio operado por solenoide está incorporado no eixo de saída do motor, entre o motor e a caixa de engrenagem redutora. O freio é desacoplado quando o solenoide é energizado,

e acoplado quando o solenoide é desenergizado. A voltagem de operação do freio é controlada pelo motor do avião e circuito de controle eletrônico. Quando o solenoide do freio é desenergizado e o freio acoplado, a pressão de mola segura a sapata do freio contra o disco, no eixo de transmissão de força através do freio.

Esta ação previne que o motor nivele a rotação através do ajuste do variador de fase suprida para o motor. Quando o solenoide é energizado e o freio liberado, a armadura do freio, no qual a sapata é localizada, é levantada contra a força de mola no alojamento do solenoide. Isto libera a força do eixo de transmissão, permitindo que a rotação do motor seja aplicada para a caixa de engrenagem de redução.

#### **4.4 COORDENADOR**

O coordenador está fixado na face traseira do controlador de combustível e possui alojamentos do eixo da manete de tração, discriminador mecânico, eixo de corte manual de combustível, chaves e ressaltos atuadores, potenciômetro seletor de temperatura, potenciômetro acionador de engrenagens e fiação elétrica necessária.

A unidade coordena a hélice, o controle eletrônico de "Temperature Datum" e o controle de combustível. Ela recebe sinais através da haste da manete de tração e da manete de emergência na cabine de comando e transmite estes sinais para o controlador de combustível e o regulador da hélice através de um sistema de manetes e hastes.

O potenciômetro no coordenador é acionado do eixo do manete de força através de um conjunto de engrenagens.

Acima de certa posição nominal do coordenador, o potenciômetro esquematiza a temperatura de entrada da turbina através do envio de sinal elétrico, da temperatura desejada para o controle da T.D.

A chave no coordenador é atuada através de um ressalto no eixo da manete de tração, para transferir a função de controle de T.D. do limitador de temperatura para o controlador de temperatura, em certa posição nominal do coordenador.

#### **4.5 CONTROLADOR DE COMBUSTÍVEL**

O controlador de combustível está montado no alojamento de acionamento de acessórios, e ligado mecanicamente ao coordenador. O controle de combustível é projetado para executar as seguintes funções:

- (1) Prover os meios para variação do fluxo de combustível para permitir a seleção de força que é coordenada entre o ângulo das pás da hélice e a RPM do motor;
- (2) Regular a razão do combustível medido durante a aceleração para prevenir excesso de TIT;
- (3) Controlar a razão do combustível medido durante a desaceleração do motor para prevenir o seu apagamento (FLAME OUT);
- (4) Controlar o motor e a velocidade de RPM da hélice para o limite de operação do governador da hélice. Isto inclui tração "REVERSA", baixa RPM de operação no solo, lenta de voo e alta RPM e lenta de solo;
- (5) Prover meio de proteção do motor durante condições de disparo, através de redução do fluxo de combustível e TIT;
- (6) Prover o esquema do início do fluxo de combustível que, em conjunto com válvula T.D. previne superaquecimento e "surge" no compressor;
- (7) Compensar as mudanças na densidade do ar, causadas pelas variações de temperatura e pressão na entrada de ar do compressor;
- (8) Prover os meios de corte de fluxo de combustível, elétrica e manualmente.

O controle de combustível sente a pressão de entrada do compressor, temperatura da entrada do compressor e RPM do motor. Usando esses três fatores e o ajuste da manete de tração, o controle de combustível mede o volume apropriado de combustível através do limite de operação do motor.

Sistemas compensadores de pressão e temperatura são projetados para manter constante a temperatura da entrada da turbina (TIT), quando as condições de entrada do compressor variarem.

O controle de combustível é projetado para enriquecer a mistura, depois que as necessidades nominais do motor são acomodadas à válvula T.D., que deriva parte do controle de saída quando estiver na posição "NULL". Este excesso de fluxo para a válvula T.D. lhe dá a capacidade de adicionar tão melhor quanto subtrair o combustível, para manter a temperatura pré-fixada pelo potenciômetro do coordenador e o controle da válvula T.D. O controle inclui uma válvula de corte para interromper o fluxo de combustível ao motor.

A válvula de corte, que pode ser manual ou eletricamente controlada, é atuada através de uma ligação mecânica e um atuador elétrico. O corte mecânico está combinado com a entrada

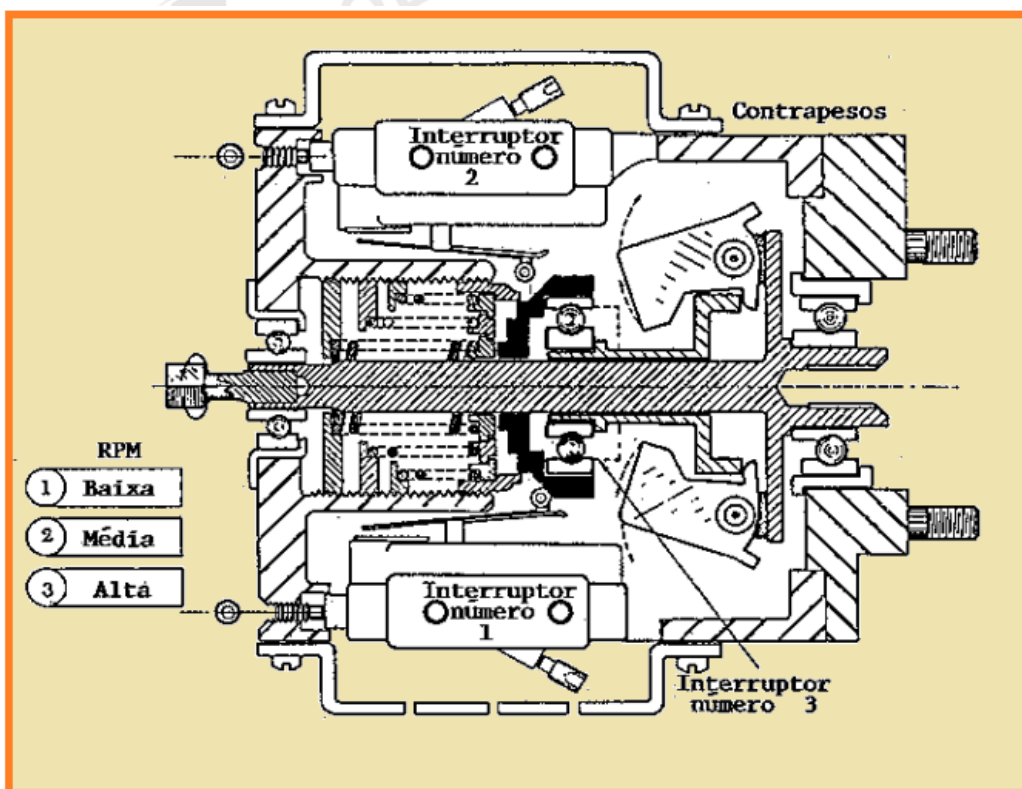
da ligação de controle de emergência. Mas ambos devem estar na posição “OPEN”, para permitir o fluxo de combustível.

Durante a partida do motor, a válvula operada permanece fechada até que o motor chegue à velocidade onde atua o controle de sensibilidade de velocidade (SPEED SENSITIVE CONTROL) para abrir a válvula moto operada, permitindo o fluxo de combustível para o motor.

#### 4.6 CONTROLE SENSITIVO DE VELOCIDADE

O controle de sensibilidade de velocidade (figura 3-45) é montado na base do tacômetro na caixa de acessórios. Ele contém três chaves (SW) que são atuadas a certas velocidades através de contrapesos centrífugos.

Durante a partida, uma chave (SW) aciona o combustível e a ignição, colocando em paralelo os elementos da bomba de combustível, energizando o sistema de enriquecimento de combustível (PRIMER) da partida quando está atuado e fechando a válvula dreno.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 3-45 Controle sensível de velocidade.

#### 4.7 VÁLVULA DRENO DA LINHA PRINCIPAL DE COMBUSTÍVEL (DRIP)

O combustível de saída da válvula T.D. é conectado para o duto principal de combustível. O duto principal consiste de seções de mangueiras flexíveis, blindadas com malhas de aço, que conectam a parte inferior do motor para a válvula dreno.

Essas seções conectam diretamente para os injetores de combustível. Uma válvula dreno operada por solenoide e carregada por mola é localizada na parte inferior no duto principal de combustível. Isso é projetado para drenar o duto principal quando a pressão de combustível cair abaixo de certo volume, enquanto o motor estiver parado para prevenir que o combustível fique gotejando dentro das câmaras.

Durante o ciclo de partida, a válvula é fechada através da energização do solenoide, que é mantida fechada pela pressão do combustível vindo do duto principal quando o motor está funcionando.

#### **4.8 OPERAÇÃO DO SISTEMA**

O sistema de controle da T.D. é essencialmente um sistema servo. Deste modo, a operação do sistema é baseada em algum erro, ou variação para determinar as condições de temperatura do motor. O controle eletrônico da T.D. sente qualquer erro de temperatura, e envia um sinal de correção para o servo-motor bifásico na válvula T.D. associada.

A referência para que as temperaturas do motor sejam comparadas é estabelecida pelo controle eletrônico. Essa referência é equivalente a milivoltagem para o gerador do termocouple do motor para uma temperatura determinada.

Qualquer variação entre a referência do gerador de milivoltagem do termocouple causa um sinal de correção de erro, para ser mandado para o servo-motor da válvula T.D. Três diferentes referências nas condições de temperatura são usadas durante a operação do sistema T.D.

Essas condições são limites normais, limite de partida e controle. O valor de temperatura de referência de controle é projetado em função do ângulo da manete de tração.

A temperatura de referência do limite normal é disponível em todas as condições de operação do motor. O que se torna segurança máxima da temperatura de operação do motor.

Durante a limitação de operação, a temperatura do motor é resguardada de exceder este valor através do sistema de controle da válvula T.D.



A temperatura de limite normal é efetuada através de todo o curso de variação da manete de tração, abaixo do ângulo em que ocorre uma super posição de comando de operação e sempre que a chave de controle na cabine do avião é movida para a posição "LOCKED", como durante o pouso do avião.

A temperatura limitadora de partida é efetiva apenas durante a partida do motor e da operação acima da velocidade pré-selecionada. O valor da temperatura do limite de partida é menor do que o limite normal de temperatura.

O limite de temperatura de partida protege o motor de temperaturas transitórias excessivas durante a partida do motor.

A temperatura de referência é projetada de acordo com o ângulo da manete de tração, controlando a variação de operação do motor. O valor da temperatura de referência é projetado de acordo com a necessidade de tração do motor.

Tanto a temperatura limite como a temperatura controlada de operação é selecionada pelo motor e chaves no avião. As chaves do motor incluem: a chave de sensibilidade de velocidade e dois interruptores atuados pela manete de tração no coordenador do motor. A chave do avião atuada pelo piloto é a chave de controle do sistema T.D.

As chaves do motor selecionam o valor limite de temperatura, "NORMAL ou PARTIDA" e troca o sistema de controle T.D. de operação limite para operação controle.

A chave seletora de sensibilidade de velocidade seleciona a referência desejável para limitação de partida (START LIMITING) durante a partida inicial do motor.

O controle eletrônico permanece na condição de limitador de partida, até que a chave de velocidade abra. Quando a chave de velocidade abrir, o controle eletrônico é comandado para a operação de limitação normal de temperatura.

As chaves (SW) atuadas pela manete de tração estabelecem o ângulo destas, que vão sobrepujar o limite de temperatura para ocorrer o controle da temperatura de operação.

Nos ângulos da manete de tração menores que o ponto de ultrapassagem, (CROSS OVER) essas chaves mantém o controle de T.D. no limite operacional. Quando a chave de controle de T.D. está na posição "LOCKED", é comandada a partida para o limite normal de operação.

Quando a chave está colocada na posição "AUTOMATIC" outra condição ocorre. O sistema de controle da T.D. é trocado da operação de controle para limite sempre que a chave de controle da T.D. é movida para a posição "LOCKED".

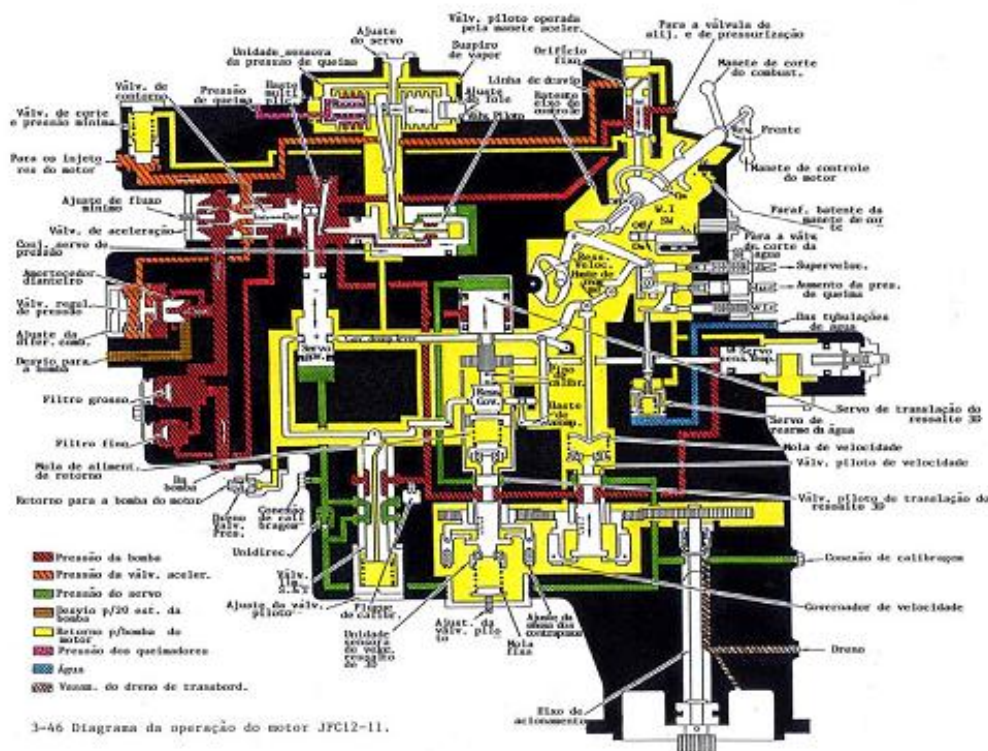
#### **4.9 CONTROLE HIDROMECAÂNICO DE COMBUSTÍVEL**

O JFC (Jet Fuel Control) projeta a quantidade de fluxo de combustível necessária para o motor Turbojato.

Isto provê combustível para as câmaras de combustão em pressão e volume necessários, para manter o desempenho do motor programado pela posição da manete de tração. Ao mesmo tempo, limita o fluxo de combustível para manter as condições operacionais.

O JFC 12-11 é um controlador de combustível totalmente mecânico para o motor Turbojato PRATT AND WHITNEY. O diagrama esquemático de operação é mostrado. O propósito do JFC é medir combustível para o motor, para controlar a RPM, prevenir superaquecimento e excesso de combustível ou parada do motor por falta de combustível.

Isto é conseguido pelo suprimento de sinais da RPM do motor (N2) e pressão de queima (PB). O controle, então, projeta fluxo de combustível (Wf) em Libras/Hora, para manter o motor funcionando no ajuste desejado através da manete de potência e dentro dos limites operacionais do motor.



Fonte: IAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 3-46 Diagrama da operação do controlador de combustível JFC12-11.

Duas manetes de controle estão disponíveis. A manete de tração controla a RPM do motor durante todas as operações de aceleração e reverso.

Uma manete de corte do combustível controla, através da operação do corte de combustível. O sinal da válvula "DUMP" do duto principal tem a sequência própria.

Quando a manete de potência é movida para um ajuste selecionado, certa percentagem de força disponível é esperada do motor.

A tração resulta da aceleração conferida à massa de ar, fluindo através do motor. Consequentemente, qualquer variação da densidade do ar através de trocas de pressão ou temperatura afetará a tração devido à mudança na massa do fluxo de ar.

No limite da operação do motor ao nível do mar para a altitude, as variações de pressão atmosférica têm um maior efeito na densidade do ar do que a mudança na temperatura ambiente.

Por qualquer condição constante de operação do motor (massa do fluxo de ar através do motor constante), um volume definido de combustível é necessário e, por este motivo, a razão combustível/ar será constante ( $W_f / P_b$ ).

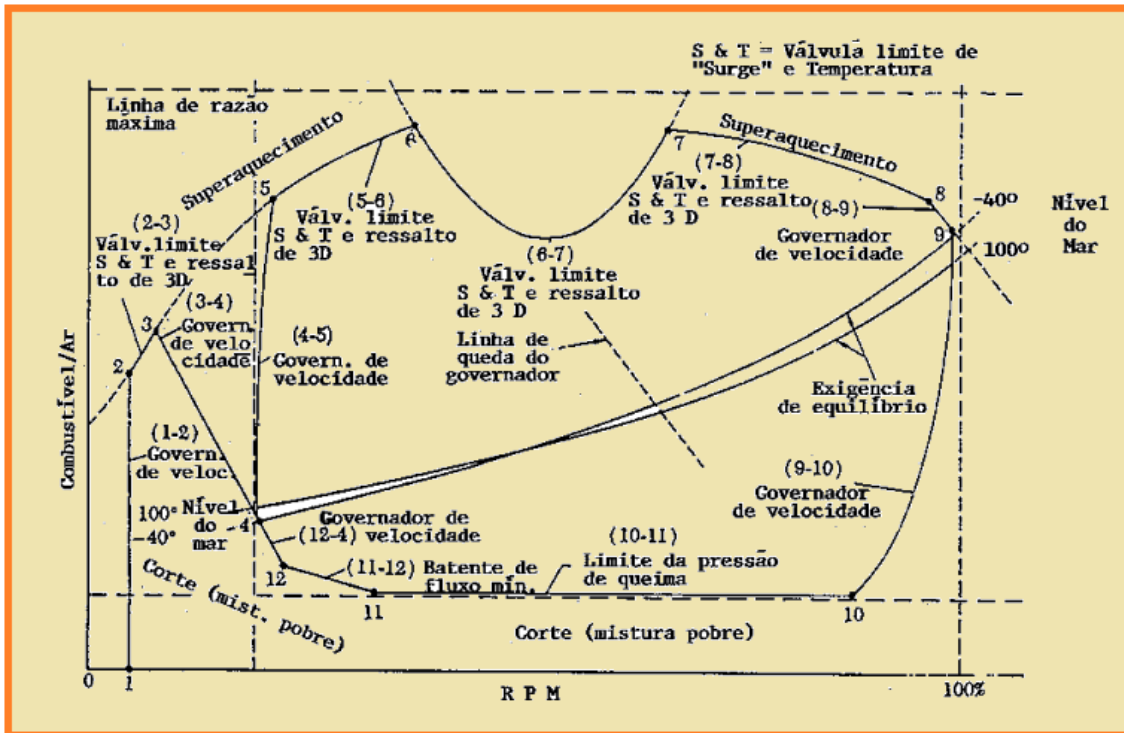
A medição de fluxo de ar através do motor é dada pela pressão de queima ( $P_b$ ). A pressão de queima é uma medição desigual do fluxo de ar, sendo usada para programar o fluxo de combustível durante a desaceleração, prevenindo um corte do motor por falta de combustível.

Durante a aceleração, o fluxo de ar é programado em função da RPM e a pressão de queima, para prevenir uma parada por enriquecimento (BLOW OUT) de ar, ou superaquecimento por excesso de combustível.

A curva de equilíbrio de um motor, conforme a figura 3-47 indica o trabalho que o controle de combustível deve fazer.

O fluxo de combustível durante a partida é limitado pela linha de aceleração e deverá cair para o valor necessário de operação de lenta quando a RPM do motor aumentar.

A diminuição para o fluxo de combustível ocorre ao longo do declínio da curva, que é uma característica governada de fabricação dentro do controle de combustível para um melhor controle de RPM, sem aumento de pressão.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 3-47 Condições de operação do motor (curva de equilíbrio).

A posição da manete de tração varia a compressão da mola de velocidade para selecionar o ajuste próprio do declínio da curva. Para acelerar de lenta para máxima, a manete de tração é movida para frente. O fluxo de combustível aumenta rapidamente no início e, então, mais gradualmente, de acordo com o programa de aceleração que deverá resguardar as condições de alta pressão e superaquecimento do motor.

Pouco antes do máximo ser atingido, o fluxo de combustível começa a decrescer ao longo da linha de declínio para que o nível de RPM não chegue ao máximo sem afogar.

Para a desaceleração da potência, o fluxo de combustível cai rapidamente para o programa mínimo, e retorna para lenta.

Embora a razão do fluxo mínimo de combustível seja mostrada através de linha reta na Figura 3-47, o fluxo de combustível varia com a pressão de queima e, deste modo, é mais alta na RPM de máxima do que na RPM de lenta.

#### 4.10 DESCRIÇÃO DO CONTROLE DE COMBUSTÍVEL

##### Operação do Sistema de Medição

O combustível é fornecido para a entrada da unidade de controle, vindo dos tanques do avião através de uma série de bombas de reforço.

O combustível é passado através de telas e filtros no sistema de combustível do avião, antes de ir diretamente para o controle de combustível.

O combustível entra no porte de entrada da unidade de controle, e passa através de uma tela filtro de 200 MICRONS (figura 3-48).

Se o filtro se obstruir, permitirá que o combustível não filtrado o derive devido à tensão de mola e a válvula será levantada de sua sede se a pressão diferencial em torno da tela for maior de 25 a 30 PSID. Algum combustível que passar através do filtro comum é filtrado diretamente.

Todo o combustível de alta pressão usado nas válvulas e servos do controle de combustível passa através do filtro fino. Esse filtro é uma tela de 35 MICRONS e é também carregado por mola. Se ocorrer um entupimento, o combustível não filtrado deverá derivar do filtro quando a pressão diferencial for de 10 a 17 PSID.

### **Válvula Reguladora de Pressão**

O diafragma da válvula reguladora de pressão, mostrado na figura 3-48, é exposta em um lado para a pressão de saída da bomba e, no outro lado, para o efeito combinado da pressão da descarga da válvula aceleradora e a força da mola pré-regulada, para manter a queda de pressão desejada em torno da válvula aceleradora.

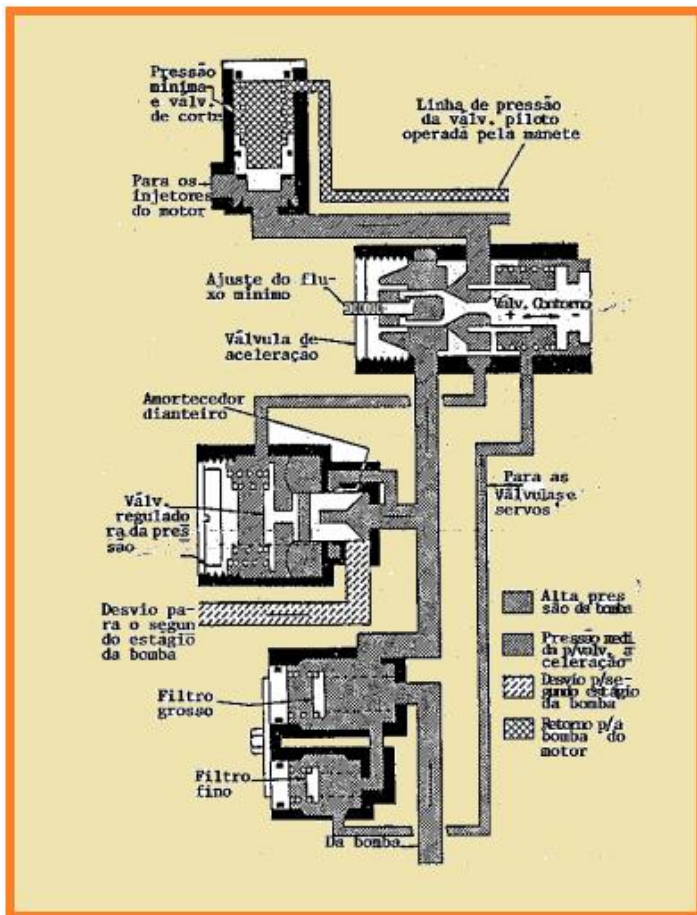
A força da mola é ajustada para permitir a compensação para uso de vários combustíveis.

Com uma queda de pressão constante em torno da válvula aceleradora, o fluxo através dela deverá ser proporcional à área de seu orifício.

Qualquer excesso de combustível acima do requerido, para manter a pressão diferencial ajustada, é derivado de volta para a seção entre estágios da bomba de suprimento. O orifício de alijamento na passagem para a válvula reguladora de pressão minimiza vibração da válvula.

### **Válvula Aceleradora**

A válvula aceleradora, figura 3-48, é a válvula medidora principal. Consiste em uma mola tensionada e uma válvula de contorno cilíndrico, que se move com um flape em um orifício.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 3-48 Sistema de medição.

Essa válvula controla o fluxo principal de combustível que vem da bomba do motor para os injetores de combustível.

Assim, uma pressão diferencial constante é mantida em torno da válvula aceleradora através da válvula reguladora de pressão.

Cada posição da válvula representa um definido fluxo de combustível, indiferentemente da pressão de descarga da válvula aceleradora. Um fluxo mínimo positivo de ajuste é feito na válvula aceleradora. A válvula é carregada por mola para a sua posição de fluxo mínimo, mas nunca fecha completamente.

A mola da válvula aceleradora a move na direção para diminuir o fluxo e a ação combinada da pressão do servo do compressor e do servo do governador move a válvula na direção para aumentar o fluxo.

A saída da válvula aceleradora direciona o combustível medido para a pressão mínima e a válvula de corte.



O combustível medido também atua do lado da mola da válvula reguladora de pressão e é liberado para a válvula piloto, onde ele pode derivar para o dreno, quando a manete de corte de combustível é colocada na posição "OFF".

### **Válvula de Pressão Mínima e de Corte**

A válvula de corte e pressão mínima é uma válvula tipo "lançadeira", atuada para cima em um lado pela pressão de descarga da válvula aceleradora e do outro pela combinação da força da mola, tanto pela alta pressão de combustível durante o corte, como pela pressão do dreno do corpo do J.F.C. durante a operação normal.

A mola também mantém a válvula fechada após o corte do motor. Durante a operação normal, quando o lado da válvula é jogado para cima pela pressão do dreno do corpo, se a pressão de descarga da válvula aceleradora cair abaixo de um valor pré-regulado, ela deverá se mover na direção da posição "CLOSED", restringindo o fluxo do controle de combustível, até que a pressão de descarga da válvula aceleradora aumente novamente para o valor pré-ajustado. Isto assegura que pressão suficiente seja mantida disponível para operação dos servos e válvulas.

O fluxo de combustível medido vem da válvula de corte e pressão mínima para a saída do controle de combustível e então para a válvula dreno do duto principal e dos dutos do motor.

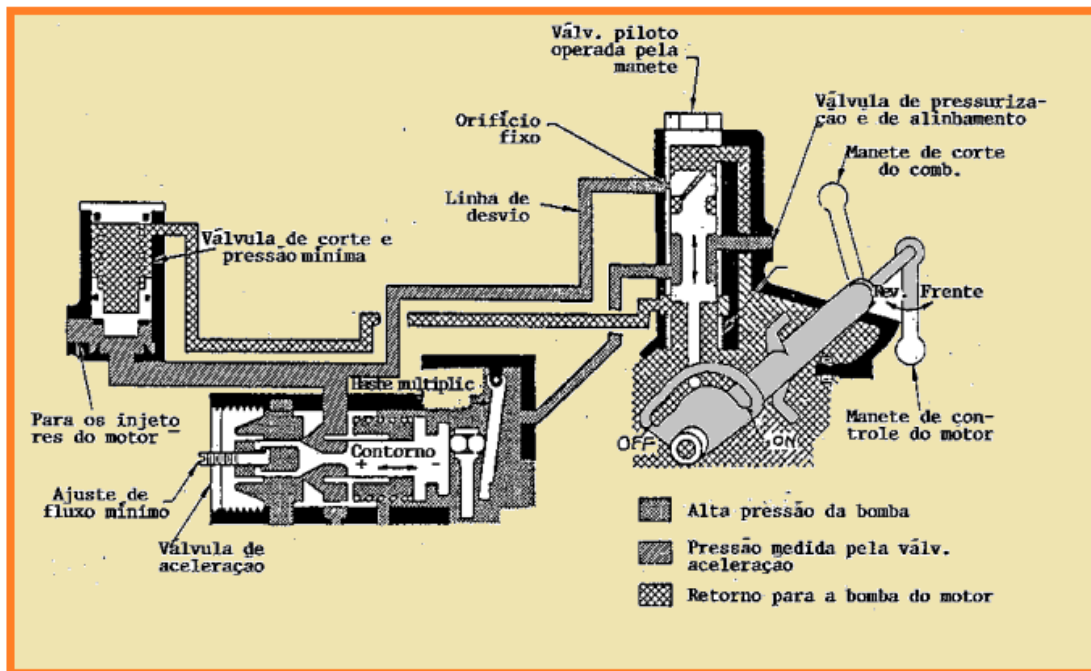
### **Válvula Piloto e Operação da Válvula Aceleradora**

O sinal de pressão que atua a válvula de corte e pressão mínima origina-se da válvula piloto e operação da aceleradora (Figura 3-49). Em adição a este sinal de pressão, a válvula piloto e a operação da válvula aceleradora fazem duas outras funções. O porte desta válvula determina a sequência destas funções. Essa válvula piloto é posicionada através de um ressalto, montado no eixo rotativo da manete de corte na cabine.

Em operação ou na posição "ON", a válvula piloto direciona a alta pressão de combustível para a válvula de pressurização e "DUMP" do motor, onde ela trabalha contra a mola para manter a válvula "DUMP" fechada. Como anteriormente mencionado, o lado da mola da válvula de corte de pressão mínima, é exposto para a cavidade do dreno do corpo, mantendo o fluxo de baixa pressão da válvula aceleradora para forçar a abertura. A terceira função da



válvula piloto e a operação da válvula aceleradora são para bloquear a linha de derivação do ar de impacto.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 3-49 Válvula piloto atuada pela aceleração

Quando a manete de corte de combustível é movida para a posição "OFF", a válvula piloto é reposicionada pelo ressalto. Primeiro, a linha de derivação de ar de impacto é aberta. A válvula piloto, operada pela válvula aceleradora, também direciona a alta pressão de combustível para o lado da mola da válvula de corte e pressão mínima, assegurando o fechamento da válvula.

A válvula mantém a linha de pressão para a válvula "DUMP" e pressurizadora do motor, para drenar para dentro da cavidade do corpo, permitindo que a mola abra a válvula e qualquer combustível no duto principal do motor seja drenado.

Durante o corte do motor em voo, o ar de impacto do motor e a bomba de combustível, continuam a operar. Desde que o fluxo externo do controle de combustível seja cortado, a saída da bomba deve ser aliviada. Isto não pode ser feito pela válvula de alívio da bomba (1000 PSI) ou pelo controle de combustível. Para evitar as condições de alta carga na bomba e alta temperatura que acompanham a operação da válvula de alívio, a função de derivação é feita com o controle de combustível em pressão mínima.

A linha de derivação de ar de impacto traz pressão de combustível medido (pela válvula aceleradora) para um porte no alojamento da válvula piloto e de aceleração. Se a válvula piloto é posicionada para cortar o fluxo de combustível para o motor, a pressão do

combustível medido é sangrada através da linha de derivação e do alojamento da válvula piloto, para a baixa pressão da cavidade do corpo.

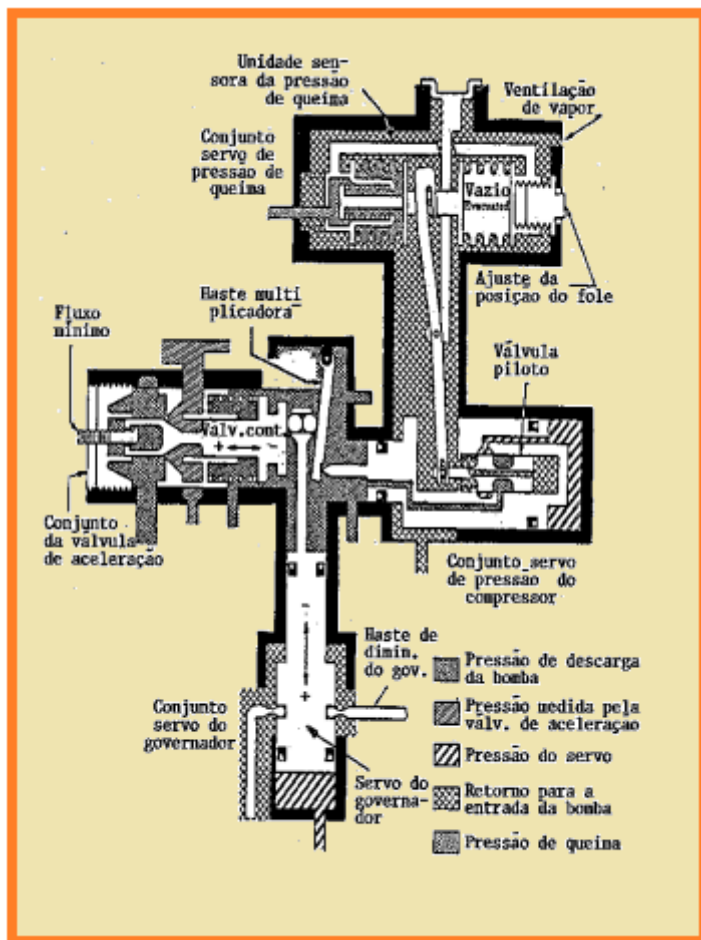
A diminuição da pressão do combustível medido também reduz a força do lado da mola do diafragma regulador de pressão. Isto mantém a válvula reguladora totalmente aberta, derivando a saída da bomba.

Se um corte do motor é feito durante a condição de alta pressão (posição de manete em máxima tração), um orifício na linha de derivação de ar de impacto é colocado, para que a pressão na cavidade do corpo não possa aumentar para valores que possam danificar o controle de combustível.

### **Operação do Sistema de Computação**

Através do posicionamento da válvula principal de medição, o sistema de computação seleciona um fluxo de combustível para cada condição operacional do motor. Esse fluxo de combustível é estabelecido através da válvula cilíndrica.

A figura 3-50 é uma representação esquemática do sistema de computação. As unidades que compõem esse sistema e sua operação são descritas nos parágrafos seguintes.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 3-50 Sistema de computação

### Conjunto Servo de Pressão de Queima

Os conjuntos de controle do servo de pressão de queima controlam a posição do servo.

A posição do servo de pressão do compressor provê a entrada para a multi aplicação das ligações que atuam sobre a válvula aceleradora. O conjunto queimador consiste em duas cápsulas, uma que é ventilada para a pressão da câmara e outra que é evacuada.

As duas cápsulas estão instaladas, diametralmente opostas, em uma estrutura rígida, com seus terminais móveis conectados em uma haste comum.

Se a pressão de queima aumenta durante a operação, a cápsula esquerda se distende. Esse movimento é transmitido através da manete, conectada para a haste da cápsula, movendo a válvula piloto no servo de pressão do compressor.

O movimento da válvula piloto direciona alta pressão de combustível para a câmara servo do governador.

A seção transversal da válvula servo do governador é maior que o terminal da câmara servo que está na extremidade oposta, o qual é atuado para cima pela alta pressão de combustível. Por este motivo, o aumento de pressão na câmara causa o movimento na válvula servo do governador, deste modo trocando a entrada da ligação da multiplicação da válvula aceleradora. Assumindo que o servo do governador é estacionário, um aumento na pressão de queima deverá causar um aumento no fluxo de combustível. Quando o servo de pressão do compressor se move, a passagem de combustível aberta pelo movimento da válvula piloto é gradualmente fechada, até que o servo, seguido pelo acompanhamento da válvula piloto, assumira nova posição de equilíbrio. Se a pressão de queima diminui, a cápsula contrai, movendo a válvula piloto para que a câmara servo do governador seja drenada para a pressão do corpo. A alta pressão de combustível atuando no terminal da área menor do servo da válvula do governador, movimenta-o, portanto, há uma mudança na entrada para a ligação de multiplicação da válvula aceleradora. Assumindo que o servo do governador é estacionário, a diminuição da pressão de queima causa uma diminuição no fluxo de combustível. A pressão da válvula servo do compressor se move para uma nova posição de equilíbrio e isto é acompanhado novamente pela válvula piloto.

### **Servo do Governador**

O servo do governador controla o fluxo de combustível com a função de ajustar a velocidade do motor, levando em consideração do CIT (Compressor Inlet Temperature) e as limitações operacionais do motor.

O servo do governador (Figura 3-50) atua sobre a válvula aceleradora através da ligação de multi aplicação, em conjunto com o servo de pressão do compressor.

Para uma discussão da operação do servo do governador, deverá ser assumido que a válvula servo de pressão do compressor é estacionária. O governador servo é uma válvula "lançadeira", que atua com alta pressão de combustível em uma pequena área da extremidade do servo de pressão da válvula piloto do governador de velocidade atuando na outra extremidade.

Se, devido à mudança da pressão do servo, a força exercida através desta pressão na extremidade da área maior do governador servo é maior que aquela exercida pela alta pressão na extremidade oposta, o servo do governador move-se e, através da ligação de multi aplicação, mantém a válvula aceleradora para o curso em direção à diminuição de fluxo. Inversamente, se a força exercida pela pressão do servo é menor do que a exercida pela alta

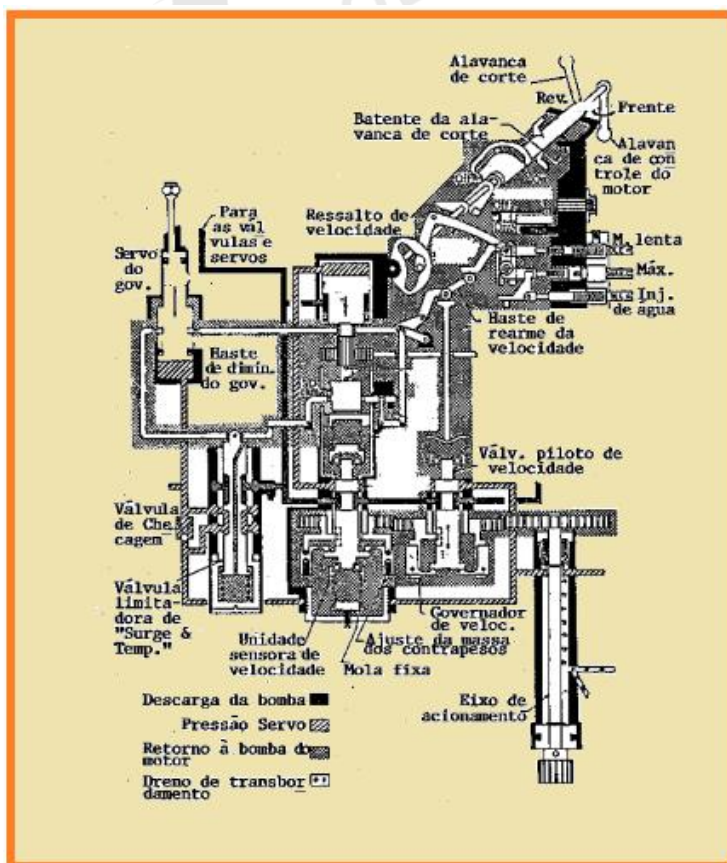
pressão, o governador servo se move e aciona a válvula aceleradora na direção de aumentar o fluxo. O fluxo de combustível do servo para o servo do governador é controlado por:

- (1) Governador de velocidade;
- (2) Pela válvula piloto limitadora de temperatura e "SURGE".

#### 4.11 SISTEMA DE PROGRAMAÇÃO DE COMBUSTÍVEL

##### Regulagem do Governador de Velocidade

A regulagem do governador de velocidade (Figura 3-51) controla a posição do servo do governador, ele é um governador tipo curva permanente centrífugo, acionado pelo rotor de alta velocidade do motor (N2), através de um trem de engrenagens. Quando a velocidade do motor aumenta, os contrapesos centrífugos tendem a se mover para fora, levantando a válvula piloto de seu ajuste de velocidade. Inversamente, quando a velocidade do motor diminui, os contrapesos centrífugos se movem para dentro e a válvula piloto é abaixada.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 3-51 Sistema de programação.

A manete de tração na cabine de comando posiciona os ressaltos de ajuste de velocidade na unidade de controle de combustível, para manipular o sistema de manetes e, desse modo, controlar a compressão da mola de velocidade. Esta exerce força na válvula piloto de regulação de velocidade.

A condição de "ON SPEED" indica que a força da mola de velocidade e a força dos contrapesos centrífugos estão iguais.

Quando a RPM excede àquela que a manete de tração ajustou, os contrapesos centrífugos do governador de velocidade se movem para fora, levantando a válvula piloto. Isto mede o combustível de alta pressão para o servo do governador, através da válvula "OVERRIDE CHECK".

O servo se move para cima, causando a diminuição da razão combustível/ar. Como a posição do governador servo é alterada, a manete se move em torno do ponto de pivotamento. O movimento da manete altera a compressão da mola de velocidade, que força a válvula piloto, enquanto o "centrífugo" de RPM força o balanceamento dos contrapesos, resultando na condição de equilíbrio "ON SPEED".

Inversamente, se a RPM do compressor de "ALTA" é mais baixa do que a demanda reguladora da manete de tração, os contrapesos se movem para dentro, permitindo a pressão do servo do governador drenar para a pressão de reforço. Isto permite que a alta pressão de combustível no terminal oposto do servo desloque-o para baixo, aumentando a razão combustível/ar.

O reposicionamento da manete altera a força da mola de velocidade.

Os contrapesos e a força da mola de velocidade irão novamente equilibrar para a condição "ON SPEED".

As condições operacionais não são constantes. Portanto, a posição da curva de equilíbrio pode mudar. (Esta curva é ilustrada na figura 3-47).

As características de declínio da regulação de velocidade do governador são utilizadas para prover novas regulagens - "ON SPEED". Por exemplo, a densidade do ar pode pressionar o compressor do motor, causando um decréscimo de velocidade. E, neste caso, a força dos contrapesos é menor do que a força da mola de velocidade, e a válvula piloto se move para baixo, aumentando o fluxo de combustível. Isto corrige a queda na RPM. A manete diminui a força da mola de velocidade na válvula piloto.

A manete ajusta levemente para baixo a RPM final, quando o sistema vai para "ON SPEED" para uma nova condição de equilíbrio.

As condições operacionais podem causar um aumento de velocidade no motor.

O fluxo de combustível é diminuído para esta condição, mas a manete reajusta o governador de velocidade para a condição "ON SPEED", e aumenta, ligeiramente, a RPM.

As características de declínio de curva indiretamente controlam a temperatura máxima da turbina através da limitação da RPM desta.

## **Partida**

Durante a partida, um volume apropriado de combustível deve ser suprido, para assegurar que ela seja rápida e, durante algum tempo, mantenha as temperaturas na entrada da turbina dentro dos limites especificados.

Quando o motor parte, a manete de corte de combustível não é movida até aproximadamente 12 a 16% da RPM que é indicada no tacômetro. Nesta velocidade, a manete de corte é movida para a posição "ON". A velocidade de ignição está agora sendo obtida, mas o giro do motor deve continuar até que o motor possa acelerar além da velocidade de auto sustentação.

Quando a manete de corte está sendo avançada para a posição "ON", os procedimentos de aceleração devem ser os seguintes: (1) a manete de tração deve ser levada para o aumento máximo do fluxo de combustível; e (2) o ressalto de ajuste posiciona a haste de velocidade até que a mola do ajuste do governador seja comprimida além da força necessária, para contrabalançar a força centrífuga dos contrapesos.

Na partida, os contrapesos estão girando tão lentamente que a força da mola de velocidade é maior que a força dos contrapesos, e o ajuste de velocidade da válvula piloto é movido para baixo. Isto expõe a linha de pressão do governador servo para o dreno do corpo, e a alta pressão na extremidade oposta do servo do governador aciona o servo para baixo, aumentando o fluxo de combustível. Essa ação é representada pelos pontos 1 e 2 na figura 3-47.

## **Válvula de Limite de Temperatura e "Surge"**

A válvula limitadora (figura 3-51) sobrepuja a ação do governador de velocidade durante as rápidas acelerações, para assegurar que o "SURGE" e os limites operacionais de temperatura do motor não sejam excedidos.

A posição da válvula piloto limitadora é controlada através de uma haste. A haste é atuada pela posição do servo do governador, pela RPM do motor e pela temperatura de entrada do compressor.



Durante o estado de operação constante, uma passagem através da válvula limitadora está aberta entre o governador de velocidade e o governador servo, mantendo um fluxo de combustível com o qual o governador servo poderá ser controlado pelo governador de velocidade. Durante as rápidas acelerações, a válvula piloto limitadora é movida para restringir ou bloquear esta passagem.

A pressão é deste modo, medida em torno do piso da válvula piloto limitadora, que deverá mover o servo do governador para controlar o fluxo de combustível numa razão máxima segura.

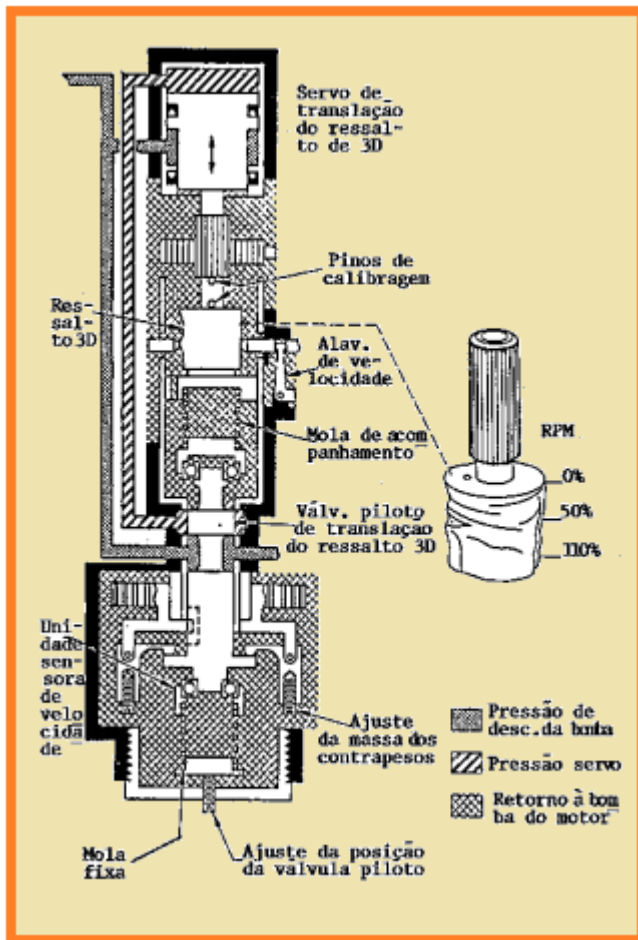
Quando o motor atingir a RPM ajustada, o governador de velocidade deverá dirigir o combustível de alta pressão para o servo do governador, para diminuir o fluxo de combustível.

Desde que a passagem através da válvula piloto limitadora possa ser bloqueada, uma válvula unidirecional é mantida para que o combustível em alta pressão possa ser derivado da passagem bloqueada, chegando ao governador servo e diminuindo o fluxo de combustível para evitar um excesso de velocidade. Quando o servo do governador se move para diminuir o fluxo de combustível, a válvula piloto limitadora retornará à posição operacional de "STEADY STATE".

### **Ressalto Tridimensional e Unidade de Translação**

Os ressaltos tridimensionais operam através de hastes para prover uma limitação de velocidade de "SURGE" para a válvula "SURGE", limitação de temperatura e uma entrada de força para a mola do governador de velocidade.

O ressalto 3D são realmente dois ressaltos em um eixo comum.



Fonte: IAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 3-52 Unidade de translação e ressalto 3d.

Dois ressaltos cilíndricos (CAMS) foram mecanizados em sua superfície. Uma superfície cilíndrica inclinada posiciona a válvula "surge" e a limitadora de temperatura.

A outra superfície do ressalto não é usada no controle de combustível JFC-12-11. O ressalto 3D e a unidade de translação são mostrados na figura 3-52.

A RPM do motor é sentida pelos contrapesos centrífugos, e aciona a unidade sensível de velocidade através do motor por um trem de engrenagens.

A válvula piloto é balanceada entre uma mola fixa e as forças dos contrapesos.

Os contrapesos não movem o ressalto 3D diretamente, ele é posicionado através de outro ressalto 3D do servo de translação, conectado ao primeiro ressalto.

O servo do ressalto possui uma alta pressão de combustível (7 a 50 PSI), atuando em sua menor área durante todo tempo.

A área maior do servo do ressalto 3D, tanto é atuada para cima pela alta pressão do combustível da bomba do motor, ou é ventilado para o dreno do corpo de controle de combustível.

Quando a velocidade do motor aumenta, os contrapesos se movem para fora. A força dos contrapesos, mais a mola de retorno, movem a válvula piloto para baixo, comprimindo a mola fixa. A válvula piloto abre o porte da área maior do servo do ressalto 3D.

Quando a pressão do servo na câmara é direcionada para o dreno da cavidade do corpo, a alta pressão de combustível atua na área menor, levantando o ressalto do pistão do servo e o ressalto superior.

Como o ressalto se translada (move-se verticalmente), a força na mola de retorno é diminuída. Isto aumenta a força em cadeia, em oposição à força dos contrapesos. O resultado é que a própria válvula piloto retorna para a posição neutra, e o servo do ressalto para de mover-se.

Quando a velocidade do motor é reduzida, a força fixa da mola força os contrapesos para dentro, permitindo que se desloque a válvula piloto para cima. Isto dirige a alta pressão de combustível para a câmara do servo do ressalto.

O servo e o ressalto se movem para baixo. Como o ressalto se movimenta, o aumento da força da mola de retorno traz para neutro a válvula piloto.

### **Proteção do Motor contra Disparo (overspeed)**

Se o sinal de RPM para o controle de combustível é rompido, o ajuste de velocidade do governador deverá reagir através das condições existentes de baixa velocidade do motor. A mola de velocidade força a válvula piloto para baixo, e alija a pressão do servo do governador; este último solicita mais combustível, que tende a causar disparo do motor.

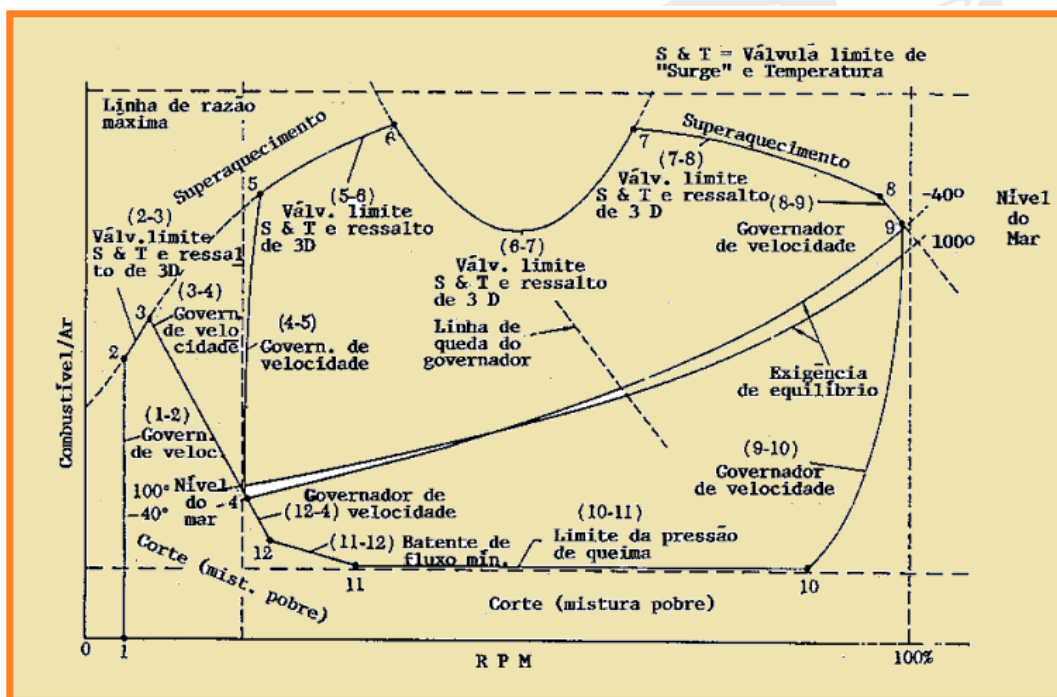
O ressalto 3D desloca a válvula piloto, que também é posicionada pelo sinal de RPM. Com o sinal de RPM interrompido, a mola fixa empurra a válvula piloto para cima.

Alta pressão de combustível é dirigida através da válvula piloto e força o ressalto servo e o 3-D para baixo, na posição 0% de RPM. O ressalto circular de 0% de RPM provê um conhecido fluxo constante de combustível. Esta ação previne o programa de excesso de combustível, protegendo o motor contra disparo, se o acionamento do controle de combustível falhar.

### **Aceleração do Motor**

O programa de aceleração é mostrado nos pontos 4, 5, 6, 7,8 e 9 na figura 3-47.

O posicionamento do servo do governador é similar àquele do programa de partida. Em "lenta", o motor é operado na extremidade esquerda da curva de equilíbrio do ponto quatro (4). Para iniciar a aceleração, a manete de tração na cabine de comando é movida na direção "TAKE OFF", causando um imediato salto no fluxo de combustível.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 3-47 Condições de operação do motor (curva de equilíbrio).

Quando a manete de tração é movida, o ressalto de ajuste aumenta a carga na mola de velocidade. Esse aumento causa outro aumento de velocidade na válvula piloto do governador para mover-se para baixo, permitindo a pressão certa para dreno, da extremidade de área maior do servo do governador. A alta pressão na extremidade oposta força o servo do governador para baixo, aumentando a razão combustível/ar.

Esta ação é representada entre os pontos quatro e cinco (4 e 5).

O programa de combustível, durante a aceleração dos pontos cinco e oito (5 e 8), é similar para a operação discutida sobre a partida com a manete de potência ajustada em "lenta". Após o ponto oito (8), as características de declínio do governador reduzem a razão combustível/ar, quando a velocidade do compressor aumenta até que a operação de equilíbrio é alcançada no ponto nove (9).

## Desaceleração do Motor

Quando a desaceleração é desejada, a manete de potência na cabine de comando é retardada, reduzindo a compressão na mola de velocidade.

A válvula piloto de velocidade do governador se move para cima (da força centrífuga) e alta pressão de combustível é dirigida para o lado de baixo do servo do governador através da válvula "unidirecional". O governador servo é movido para cima à razão mínima, representado pelo ponto dez (10) na figura 3-47. O fluxo de combustível do ponto dez/onze (10/11) é determinado pela posição do servo de pressão do compressor.

A pressão de queima programa o fluxo de combustível como se o motor perdesse RPM, continuando até que a própria válvula aceleradora se encaminhe contra o batente de fluxo mínimo, onde ela pode fechar sem problema.

Esses são os pontos onze e doze na curva (11 e 12). O limite de fluxo mínimo representa a condição mínima de auto sustentação do motor. A razão combustível/ar mínimo é projetada para evitar o apagamento por pouco combustível nas áreas.



## Referência Bibliográfica

**BRASIL. IAC – Instituto de Aviação Civil. Divisão de Instrução Profissional Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA (Airframe & Powerplant Mechanics-General Handbook). Edição Revisada 2002.**



## No Próximo Módulo

No próximo módulo vamos falar sobre alguns sistemas auxiliares que ajudam a aumentar a performance do motor e algumas práticas de manutenção no sistema de combustível de um motor à reação.

Espero você!



Fonte: Vanderlei dos Reis

## MÓDULO V

### COMPONENTES DO SISTEMA DE COMBUSTÍVEL DO MOTOR

#### INTRODUÇÃO

Caro aluno,

No decorrer deste modulo, você verá alguns sistemas que auxiliam a melhorar o desempenho do motor em condições adversas, como por exemplo, a injeção de agua na admissão em dias muito quentes e verá também as praticas de manutenção no sistema de formação de mistura dos motores à reação.



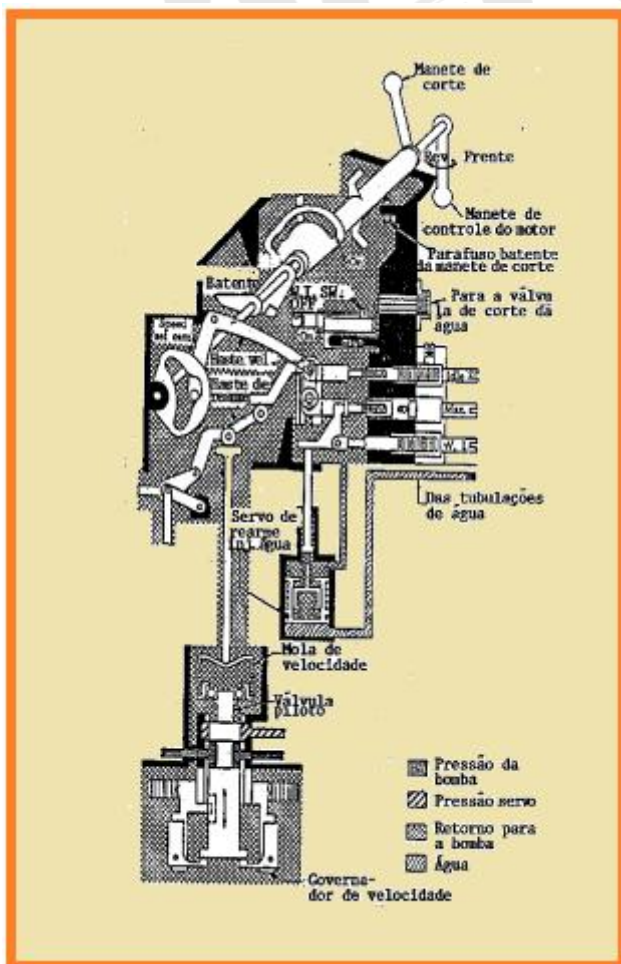
## 5.1 SISTEMA DE REARME COM INJEÇÃO DE ÁGUA

Em dias quentes, a tração é reduzida por causa da diminuição na densidade do ar. Isto pode ser compensado através da injeção de água na entrada do compressor ou no alojamento do difusor, baixando a temperatura e aumentando a densidade do ar.

Um contactor (Micro Switch) no controle de combustível é atuado pelo eixo de controle, quando a manete de tração é movida para posição de tração máxima.

A injeção de água reajusta a velocidade do servo (figura 3-53), recalibrando a velocidade ajustada para valores mais altos durante a injeção de água.

Sem este ajustamento, o controle de combustível iria diminuir a RPM para que nenhum adicional de tração fosse realizado durante a injeção.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 3-53 Sistema de rearme com injeção de água.



O servo é uma válvula "SHUTTLE" que é atuada para cima pela pressão de água durante a injeção de água.

O movimento do servo desloca uma manete na operação da haste de ressalto para a mola de velocidade no governador, aumentando a força da mola e a calibragem.

Devido a resultante RPM ser maior enquanto a água está fluindo, o aumento da tração durante a injeção da água é assegurado.

Se o sistema de injeção de água não é armado na cabine de comando ou, se não houver disponibilidade de água, nada acontece quando a chave de injeção de água na unidade de controle de combustível é atuada. Quando a água é disponível, uma porção é direcionada para o reajuste de velocidade do servo.

## **5.2 MANUTENÇÃO DO CONTROLE DO COMBUSTÍVEL DOS JATOS**

O reparo do controle do jato de combustível é muito limitado. Os reparos permitidos na pista são de substituição do controle e ajustes após serviços. Esses ajustes são limitados para a RPM de lenta e ajustes de velocidade máxima, comumente chamada "TRIMMING" do motor. Ambos os ajustes são feitos no limite normal de operação.

Durante o "Trimming" do motor, o controle de combustível é verificado quanto a RPM de lenta, máxima, aceleração e desaceleração. Os procedimentos usados para verificar o controle de combustível variam, dependendo do avião e da instalação do motor.

O motor é "ajustado" de acordo com os procedimentos do manual de manutenção ou revisão, para cada motor em particular. Em geral, o procedimento consiste na obtenção da temperatura do ar ambiente e da pressão barométrica na pista (não ao nível do mar). Deve-se obter a temperatura real, lida e comparada, do ar que deverá entrar no motor. Usando essas leituras, a pressão de descarga da turbina desejada e lida, é computada de cartas publicadas no manual de manutenção.

O motor é operado em tração máxima (ou no controle de combustível no batente de "TRIM") por um período suficiente de tempo, para assegurar-se que está completamente estabilizado.

Cinco minutos é o período usualmente recomendado para a estabilização. Uma verificação deve ser feita para se assegurar de que as válvulas de sangria de ar do compressor estão totalmente fechadas e que todos os acessórios acionados por sangria de ar (como a curva "TRIM") não estão sendo corrigidos.

Quando o motor estiver estabilizado, uma comparação é feita, a pressão de descarga da turbina (ou EPR) é computada para determinar o volume aproximado de calibragem necessária.

Se uma calibragem é necessária, o controle de combustível do motor é então ajustado para obter a pressão de descarga da turbina desejada, ou "EPR", no manômetro. Imediatamente, seguindo o ajuste do controle de combustível, a leitura do tacômetro é observada e gravada. O fluxo de combustível e as leituras de temperatura dos gases de descargas também devem ser medidos.

Nos motores Pratt and Whitney, que usam compressor duplo, é observado a leitura do tacômetro de N2, em seguida corrigido pela velocidade parcial por meios da curva de temperatura/RPM.

A observação da leitura do tacômetro é dividida pela velocidade percentual do "TRIM" obtida da curva. O resultado é um novo ajuste de velocidade em percentagem do motor, corrigido para a temperatura do dia STANDARD (59F ou 15°C). A nova velocidade de ajuste na RPM pode ser calculada, quando a RPM lida no tacômetro for 100%.

Esse valor pode ser obtido no manual do motor apropriado. Se todos estes procedimentos tiverem sido concluídos satisfatoriamente, o motor foi calibrado.

O ajuste fino do motor deve sempre ser conduzido sob condições precisas e controlado, com o avião virado para o vento. O controle preciso é necessário para assegurar a manutenção de nível mínimo de tração sobre a qual o desempenho do avião é baseado.

Em adição, o controle preciso do ajuste fino do motor contribui para melhorar em termos, como o máximo tempo entre revisões e o tempo mínimo fora de operação, devido às necessidades de manutenção do motor. Motores jamais devem ser ajustados se existirem condições de gelo.

### **5.3 COMPONENTES DO SISTEMA DE COMBUSTÍVEL DO MOTOR**

#### **Bombas Principais de Combustível (acionadas pelo motor)**

As bombas principais de combustível liberam um suprimento contínuo, a uma pressão apropriada em todo o tempo durante a operação do motor do avião.

As bombas de combustível, acionadas pelo motor, devem ser capazes de liberar o máximo de fluxo necessário em alta pressão, para obter um jato satisfatório no injetor, assim como apurada regulagem de combustível.

As bombas de combustível para motores turbojato são geralmente do tipo engrenagem e de descarga, positiva ou pistão.

O termo descarga positiva (Positive Displacement) significa que a engrenagem ou o pistão, deverão suprir uma quantidade fixa de combustível para o motor a cada revolução das engrenagens da bomba ou cada golpe do pistão.

Essas bombas de combustível podem ser divididas em duas categorias distintas de sistema: descarga constante e descarga variável. O seu uso depende da regulagem do fluxo de combustível para o controle.

Isto tanto pode ser uma válvula de alívio de pressão (unidade barométrica) para uma descarga constante das bombas (tipo engrenagem), como um método para regular a saída do combustível nas bombas de descarga variável (tipo pistão).

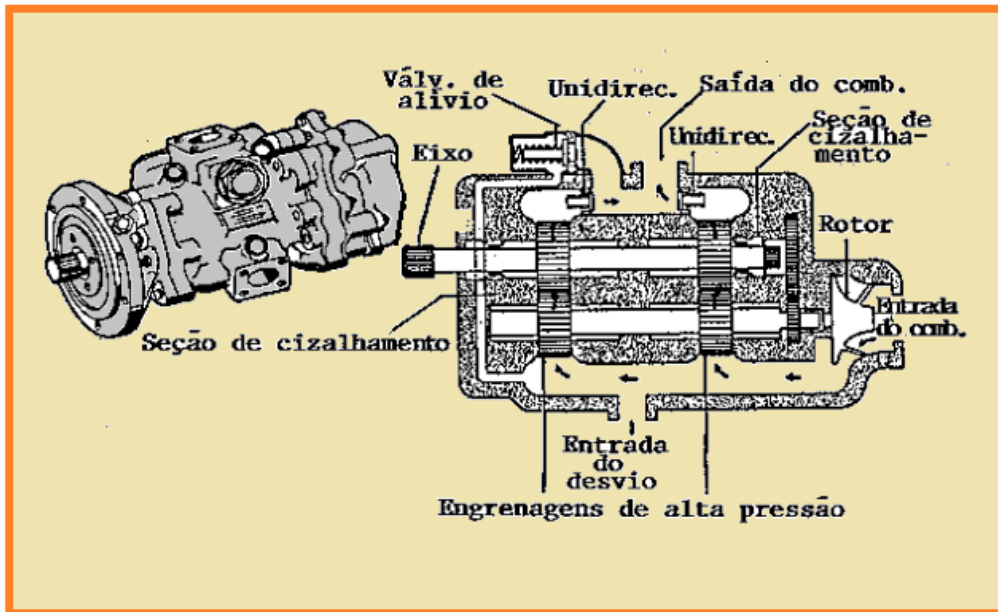
### **Bomba de Descarga Constante**

As bombas tipo engrenagem possuem aproximadamente a mesma característica nas linhas de fluxo, onde houver necessidade de flutuação de combustível em condições de voo ou ar ambiente.

Portanto, a bomba de capacidade adequada a todas as condições operacionais dos motores deverá ter excesso de capacidade acima do limite de operação.

Esta é a característica que requer o uso de uma válvula de alívio de pressão para descarregar o excesso de combustível. Uma típica bomba tipo engrenagens, de descarga constante, é ilustrada na figura 3-54. O impelidor, que é acionado a uma maior velocidade que os elementos de alta pressão, aumentam a pressão do combustível de 15 a 45 PSI, dependendo do aumento da velocidade do motor. O combustível é descarregado do elemento da bomba (impelidor) para a engrenagem dos elementos de alta pressão.

Cada um desses elementos descarrega combustível através de uma válvula unidirecional para um porte de descarga comum. Os elementos de alta pressão liberam aproximadamente 51 "galões" por minuto a uma pressão de descarga de 850 PSIG.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 3-54 Bomba de combustível acionada pelo motor.

Seções de lâminas são incorporadas no sistema de acionamento de cada elemento. Deste modo, se um elemento falhar o outro continua a operar. A válvula unidirecional previne a circulação através do elemento inoperante. Um elemento pode suprir combustível suficiente para manter velocidades moderadas do avião.

Uma válvula de alívio é incorporada no porte de descarga da bomba. Essa válvula abre com aproximadamente "900 PSI", e é capaz de derivar o total do fluxo as "960 PSI". Isto permite que o excesso de combustível necessário para a operação do motor seja recirculado. A derivação do combustível é dirigida para o lado de entrada dos dois elementos de alta pressão.

### Bomba de Descarga Variável

O sistema da bomba de descarga variável difere do sistema de descarga constante. A descarga da bomba é trocada para manter a variação necessária no fluxo de combustível, isto é, a quantidade de combustível descarregada da bomba pode ser feita para variar em qualquer velocidade.

Com uma bomba de fluxo variável, a aplicação da unidade de controle de combustível pode automática e precisamente, regular a pressão da bomba e liberar para o motor.

Onde as bombas de descarga variáveis são instaladas, duas bombas similares são necessárias, conectadas em paralelo. Cada uma pode transmitir a pressão, se a outra em paralelo falhar

durante as operações normais. Neste tempo, uma bomba pode ser insuficiente para manter a força necessária.

A duplicação das bombas aumenta a segurança em operação, especialmente durante as decolagens e pousos.

Na descarga positiva, a bomba tipo impacto variável incorpora um rotor, um pistão, um governador de velocidade máxima e o mecanismo da válvula de alívio.

### **Aquecedor de Combustível**

O sistema de combustível de motores de turbina a gás é muito suscetíveis à formação de gelo nos filtros de combustível.

Quando o combustível nos tanques do avião resfriar a 32°F, ou abaixo, a água residual do combustível tende a congelar quando está em contato com a tela do filtro. O aquecedor de combustível (Fuel Heater) opera como um trocador de calor.

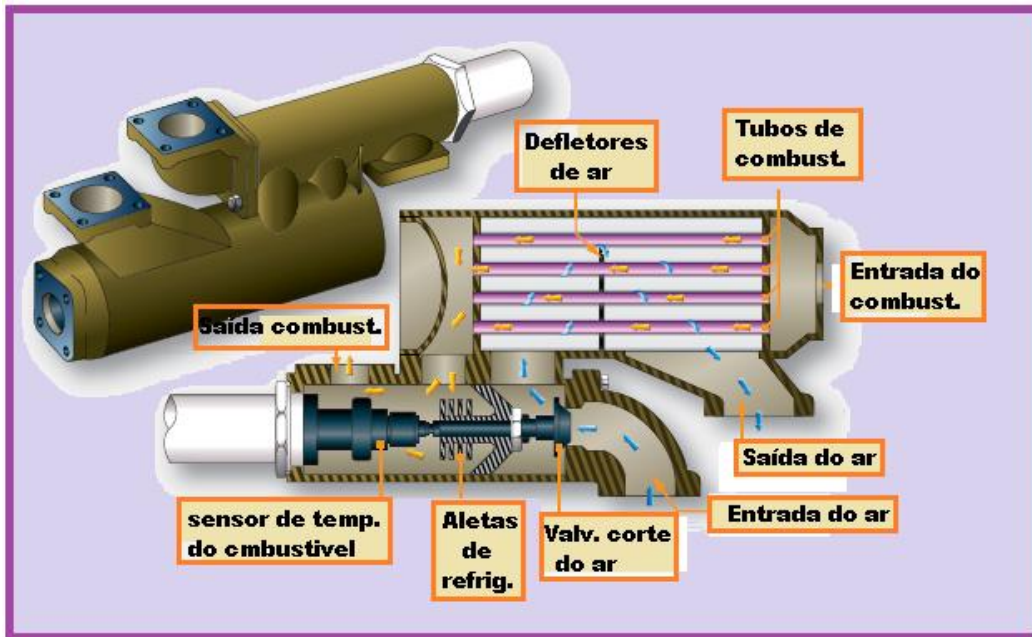
O aquecedor pode usar ar sangrado ou óleo de lubrificação do motor como fonte de aquecimento.

Este tipo de formação é chamado um trocador "ar para líquido" e o último tipo é conhecido como trocador de "líquido para líquido".

A função do aquecedor é proteger o sistema de combustível do motor da formação de gelo. Contudo, estando o gelo formado, o aquecedor pode também ser usado para descongelar a tela do filtro de combustível.

Em algumas instalações, o filtro de combustível é equipado com uma chave de alarme de queda de pressão, que ilumina uma luz de aviso no painel de instrumentos da cabine de comando. Se o gelo começar a se formar na superfície do filtro, a pressão através dele deverá lentamente cair.

Quando a pressão chegar a um valor pré-determinado, a luz de aviso acenderá. Os sistemas de degelo de combustível são projetados para serem usados intermitentemente. O controle do sistema pode ser manual, através de uma chave na cabine de comando, usando um elemento sensível termostático no aquecedor de combustível, para abrir ou fechar o ar ou a válvula de corte do óleo. O aquecedor de combustível que tem operação automática é ilustrado na figura 3-55.



Fonte: FAA - Aviation Maintenance Technician Handbook – Powerplant - Volume 1

Figura 3-55 Aquecedor de combustível.

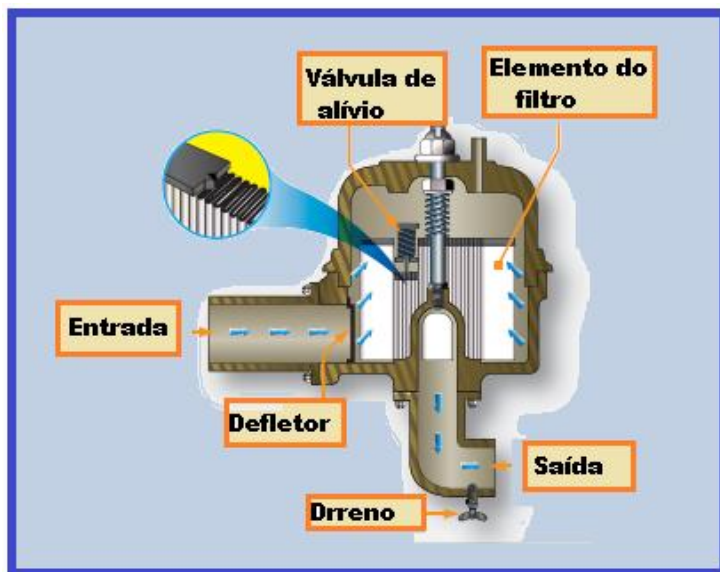
### Filtros de Combustível

Um filtro de baixa pressão é instalado entre o suprimento dos tanques e o sistema de combustível do motor, para proteger a bomba de combustível acionada pelo motor e vários outros mecanismos de controle. Um filtro adicional de alta pressão é instalado entre a bomba e o controle de combustível, para proteger o controle de contaminações.

Os três tipos mais comuns de filtros em uso são: o micro filtro, filtro de tela tipo colmeia e o filtro tipo malha peneira. O uso individual de cada um desses filtros é ditado pela necessidade do tratamento de filtragem em cada lugar.

O micro filtro (Figura 3-56) tem a maior ação de filtragem de qualquer tipo de filtro até o presente momento e, como o nome diz, a razão é em "MICRONS" (um micron é a milésima parte de um milímetro). A porosidade do material de celulose, frequentemente usado na construção dos cartuchos filtros, é capaz de remover material estranho medindo de 10 a 25 MICRONS. As pequenas passagens tornam este tipo de filtro de fácil obstrução, por este motivo, uma válvula de derivação (Bypass) é necessária como fator de segurança.

O papel do microfiltro é fazer um trabalho completo de remoção de material estranho, especialmente necessário entre o tanque de combustível e o motor.



Fonte: FAA - Aviation Maintenance Technician Handbook – Powerplant - Volume 1

Figura 3-56 Filtro de combustível do avião.

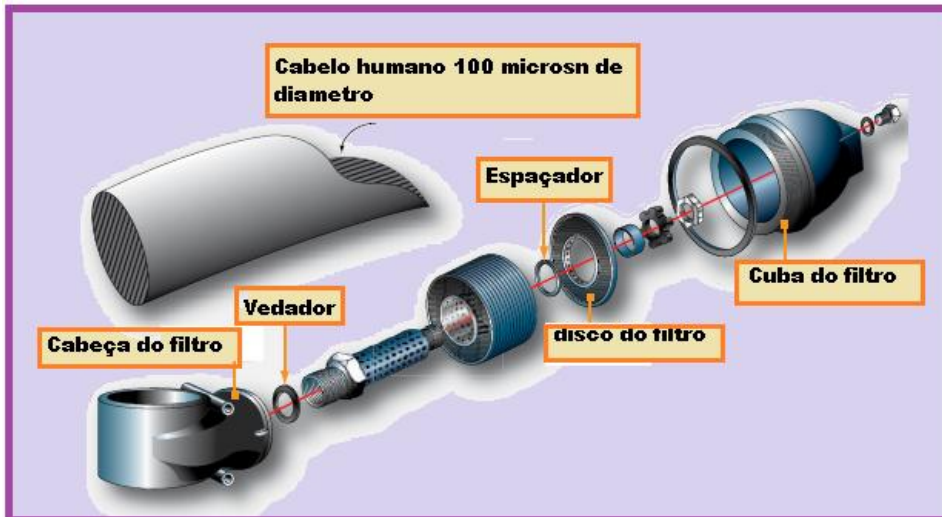
O material de celulose (papel) também absorve água, prevenindo que esta passe através das bombas. Se a água conseguir passar através do filtro, que acontecerá quando o filtro começar a ficar saturado com água, ela pode e causará rápido dano ao elemento de trabalho da bomba e da unidade de controle (desde que estes elementos dependam somente do combustível para sua lubrificação).

Para reduzir os danos produzidos pela água nas bombas e unidades de controle, periodicamente é imperativa a verificação e substituição dos elementos do filtro. Se diariamente o combustível dos alojamentos dos tanques e dos filtros de baixa pressão for drenado, muitos problemas com filtros serão eliminados. Não se pode deixar de prevenir a manutenção indevida das bombas e unidades de controle de combustível.

A maior grandeza (capacidade filtrante), usada nos filtros, é a malha 200 e a de 35 MICRONS. Elas são usadas nas bombas e controle de combustível e entre a bomba e o controle de combustível, onde a remoção de partículas de tamanho micrométricas for necessária. Esses filtros, usualmente feitos de uma fina malha de fio de aço, são uma série de camadas.

O filtro tipo colmeia (Figura 3-57) possui um elemento substituível, que é feito em discos de camada de tela de bronze, latão, aço ou material similar. Esse tipo de filtro é capaz de remoção de partículas tamanho micrométricas e também possui resistência para alta pressão. O filtro tipo tela de malha é o mais comum, usado em motores de combustão interna para todos os tipos de combustível e de óleo.





Fonte: FAA - Aviation Maintenance Technician Handbook – Powerplant - Volume 1

Figura 3-57 Filtro colmeia.

Hoje em dia, motores turbojato estão usando esse filtro em unidades onde a ação filtrante não é muito crítica, assim como em linhas de combustível antes dos filtros das bombas de alta pressão.

O tamanho da malha deste tipo de filtro varia de acordo com o propósito para o qual este será usado.

### **Injetores de Combustível e Duto Principal de Combustível**

Embora os injetores de combustível sejam uma parte integral do sistema, seu projeto é rigorosamente ligado ao tipo de câmara de combustão, na qual eles serão instalados.

Os injetores levam combustível à área de combustão em alta atomização, para que a queima seja completada igualmente, no menor tempo e espaço possível.

É muito importante que o combustível seja igualmente distribuído e melhor centrado na área da chama com os queimadores. Isto é para excluir a formação de qualquer ponto quente nas câmaras de combustão e para prevenir a expansão da chama através da câmara.

Os tipos de injetores de combustível variam consideravelmente entre os motores, embora a maior parte do combustível seja injetado na área de combustão sob pressão, através de pequenos orifícios nos injetores. Os dois tipos de injetores de combustível geralmente usados são das configurações simples e a dupla.

O injetor duplo usualmente requer um duto duplo e uma válvula pressurizadora ou divisora de fluxo, para dividir os fluxos primário e principal, mas o injetor simples requer apenas um duto simples para liberação adequada de combustível.

Os injetores de combustível podem ser construídos para serem instalados de várias maneiras.

Os dois métodos usados frequentemente são:

- (1) Montagem externa, onde a esfera de montagem é providenciada para fixação dos injetores no alojamento ou no cotovelo de entrada de ar com o injetor próximo ao domo, ou;
- (2) Montagem interna na linha do domo, no qual a cobertura do alojamento da câmara deve ser removida para a substituição ou manutenção do injetor.

### **Injetor de Combustível Simples**

O injetor de combustível simples foi o primeiro tipo de injetor usado em motores turbojato e foi substituído em muitas instalações pelo injetor duplo, que proporcionava melhor atomização nas partidas e em velocidades lentas.

O injetor simples (figura 3-58) está sendo usado para uma determinada condição. Ele consiste de um bico injetor, um inseridor e um filtro feito de uma fina malha de tela e um suporte.

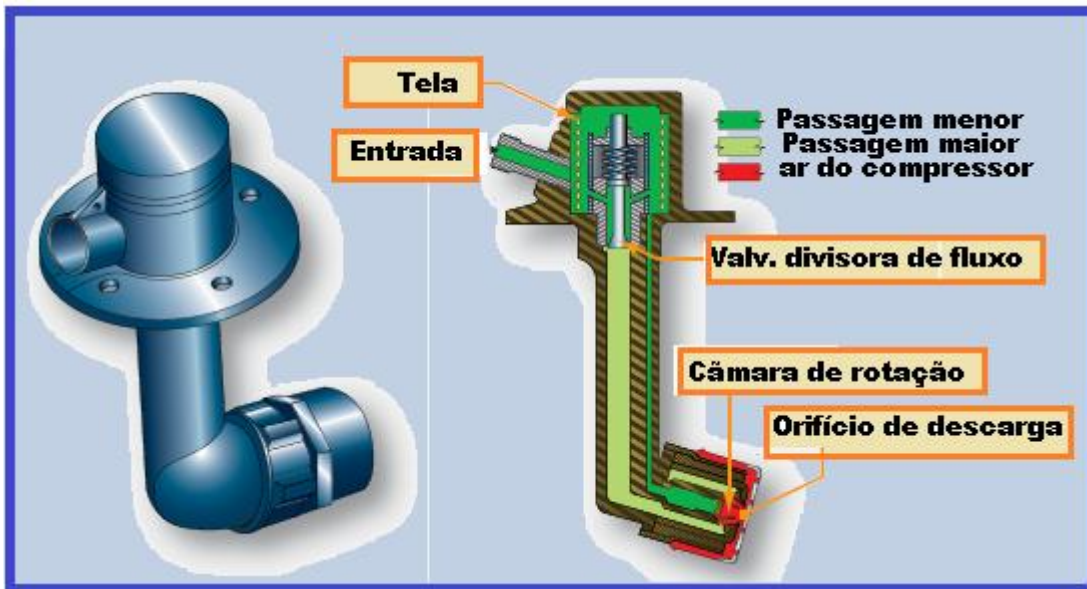


Fonte: FAA - Aviation Maintenance Technician Handbook – Powerplant - Volume 1

Figura 3-58 Injetor simples.

## Injetor Duplo de Combustível

O injetor duplo de combustível é o injetor mais usado em motores de turbina a gás. Como mencionado anteriormente, seu uso requer uma divisora de fluxo, mas ao mesmo tempo ele oferece uma atomização desejável, para a combustão ao redor de uma larga faixa de pressões de operação. Um injetor deste tipo é ilustrado na figura 3-59.



Fonte: FAA - Aviation Maintenance Technician Handbook – Powerplant - Volume 1

Figura 3-59 Injetor de combustível duplo.

## Divisor de Fluxo

Um divisor de fluxo em cada injetor cria um suprimento de combustível primário e secundário, os quais são descarregados separadamente, e os bicos e atomizadores concêntricos, desse modo, proporcionando uma atomização no ângulo adequado para todos os fluxos de combustível.

O combustível chega à entrada do injetor e passa através da tela.

A passagem furada no injetor mantém a direção do combustível através da segunda tela dentro da câmara primária.

Os portes de entrada para a câmara são furados para causar uma mudança brusca na direção do combustível ao entrar na câmara, conferindo um movimento rotativo para o combustível.

O movimento rotativo do combustível estabelece o ângulo e ajuda a atomização do combustível para melhor combustão. O combustível da câmara é descarregado através do bico primário do atomizador para dentro da câmara de combustão.



Fonte: FAA - Aviation Maintenance Technician Handbook – Powerplant - Volume 1

Divisor de fluxo

### Princípio de Operação

Quando a pressão do combustível atingir aproximadamente 90 PSIG, ela abre o divisor de fluxo e o combustível é direcionado para dentro da segunda passagem furada na haste. O combustível da passagem secundária é direcionado para dentro da câmara.

O combustível rotativo da câmara secundária é descarregado através do bico injetor secundário para dentro da câmara de combustão. A figura 3-60 ilustra um atomizador de um típico injetor duplo.



Fonte: FAA - Aviation Maintenance Technician Handbook – Powerplant - Volume 1

Figura 3-60 Jato do injetor duplo.

Uma pequena quantidade de ar é jogada para fora da massa de ar principal pela estrutura ao redor do bico injetor, para refrigerar. Em adição, o fluxo de ar de refrigeração ajuda a combustão pelo retardamento da acumulação dos depósitos de carvão na face do injetor e,

por providenciar algum ar para a combustão, o qual ajuda a conter o fogo no centro da câmara.

### **Válvula Pressurizadora e de Drenagem**

A válvula pressurizadora de combustível é usualmente necessária em motores que possuem injetores de combustível duplo, para dividir o fluxo para dentro dos dutos primário e principal.

Nos fluxos de combustível necessários para a partida e marcha lenta de voo, todo o combustível passa através da linha primária. Quando há o aumento do fluxo de combustível, a válvula começa a abrir para a linha principal, até que o fluxo máximo da linha esteja passando aproximadamente 90% de combustível.

As válvulas de pressurização de combustível deverão, usualmente, apanhar o combustível na parte fronteira do duto principal, dando um corte positivo.

Este corte previne que o combustível fique gotejando no duto principal e, através das injetoras de combustível, eliminando o maior grau de pós-queima e carbonização dos injetores de combustível.

A carbonização ocorre porque as temperaturas na câmara de combustão se tornam mais baixas e o combustível não é completamente queimado.

Um típico exemplo deste arranjo na válvula pressurizadora e "DUMP" é usado no motor "PRATT and WHITNEY J.T3". Esta válvula executa duas funções maiores, como indicado através de seu nome: (1) durante a operação do motor ela divide o fluxo de combustível medido em duas porções, primário e secundário, como requerido para a atomização nos injetores de combustível; (2) no corte do motor provê um sistema de drenagem que conecta o duto principal de combustível para um dreno no exterior.

Um divisor de fluxo executa, essencialmente, a mesma função que a válvula pressurizadora. Isto não é raro para unidades que executam funções idênticas para terem diferente nomenclatura entre motores.

### **Válvulas Dreno**

As válvulas dreno são unidades usadas para drenagem de combustível de vários componentes do motor, onde o combustível acumulado é mais propenso a apresentar problemas na operação.

É um problema, com risco de fogo, a possibilidade de acumulação na câmara de combustão. Outro problema é o depósito de borra depois da evaporação em alguns lugares como: duto principal e injetores de combustível.

Em alguns instantes, o duto principal de combustível é drenado através de uma unidade individual, conhecida como válvula "DRIP" ou "DUMP". Este tipo de válvula pode operar através da pressão diferencial ou também pode ser operada por solenoide.

A válvula dreno da câmara de combustão drena todo combustível que se acumula na câmara após cada parada do motor; ou drena combustível que foi sendo acumulado durante uma falsa partida. Se a câmara de combustão é tipo caneca, o combustível será drenado pela gravidade através dos tubos de chama ou tubos interconectores, até serem colhidos da parte inferior da câmara, onde são fixados com linhas para a válvula dreno.

Se a câmara de combustão é do tipo anular, o combustível deverá simplesmente drenar através dos orifícios de ar na câmara e acumular no reservatório na parte inferior do alojamento, que está conectado para a linha dreno.

Depois que o combustível acumula na linha, a válvula dreno o mantém para ser drenado, quando a pressão dentro do duto principal ou nos queimadores houver sido reduzida para perto da pressão atmosférica.

É imperativo que esta válvula seja mantida trabalhando em boas condições, para drenar o combustível acumulado em cada parada do motor.

De outro modo, uma partida quente durante a próxima tentativa, ou uma pós-queima depois do corte, é possível que ocorra.

#### **5.4 UNIDADE INDICADORA DE QUANTIDADE DE COMBUSTÍVEL**

As unidades de quantidade de combustível variam de uma instalação para outra. Um contador ou indicador de combustível, montado no painel de instrumento, é eletricamente conectado a um medidor de fluxo instalado na linha de combustível do motor.

O contador de combustível ou totalizador, é similar em aparência a um odômetro de automóvel. Quando o avião é abastecido, o contador é manualmente ajustado para o número total de libras de combustível em todos os tanques.

Quando o combustível passa através do elemento medidor do indicador de fluxo, ele envia impulsos elétricos para o contador de combustível. Esses impulsos atuam o mecanismo do contador de combustível, a fim de que o número de libras que passa para o motor seja subtraído da leitura original.

Desse modo, o contador mostra continuamente a quantidade total de combustível, em libras, remanescente no avião. Contudo, existem certas condições que poderão fazer com que a indicação do contador de combustível não seja confiável.

Qualquer jateamento de combustível é indicado no contador e considerado disponível para o uso. Qualquer combustível que vaze do tanque, assim como o montante da linha de combustível do medidor de fluxo, não são contados.

## **5.5 INJEÇÃO DE ÁGUA**

A sensibilidade dos motores a turbina para com a temperatura de entrada do compressor, resulta em uma apreciável perda de tração disponível, ou força no alojamento do motor a jato, em um dia quente.

Em alguns momentos, é necessário o aumento da tração de saída. A injeção de água é um meio de aumentar a tração do motor. Isto reduz as temperaturas da seção quente, e o fluxo de combustível pode ser aumentado, obtendo-se grande tração por este meio.

O aumento de tração é particularmente desejável na decolagem, quando um motor de avião é solicitado para a maior resposta de força. Por isso, o sistema de injeção de água é projetado para funcionar apenas em alta tração do motor. O efeito sobre a tração do motor depende do tipo de refrigerante usado, a proporção dos ingredientes e a quantidade do fluxo do refrigerante.

Para uma refrigeração efetiva, um líquido com uma alta temperatura de vaporização é necessário. A água é o refrigerante mais desejado. O álcool é adicionado ocasionalmente em variadas proporções, para baixar o ponto de congelamento do refrigerante ou para eliminar a necessidade de um enriquecimento, separado da mistura de combustível, que pode ser necessário se apenas água pura for usada.

Quando o álcool é adicionado, algum pequeno volume adicional de tração pode ser produzido com sua queima. Contudo, a eficiência da combustão do álcool é normalmente baixa.

O valor de aquecimento do álcool metílico ou etílico é apenas em torno da metade do querosene ou gasolina.



A maior parte do fluxo da mistura álcool/ar não passará pela zona de combustão onde as temperaturas são bastante altas para suportar eficientemente a combustão da fraca mistura álcool/ar. Poucos motores usam injeção de água atualmente.

### **Operação do Sistema de Injeção de Água**

Um típico sistema duplo de injeção de água é ilustrado na figura 3-61.

O sistema duplo significa, atualmente, dois sistemas independentes. Um sistema injeta água na seção de entrada do compressor do motor e a potência é grandemente aumentada através do efeito do aumento da massa do fluxo de ar.

O outro sistema injeta água dentro do alojamento do difusor do motor. Este sistema aumenta consideravelmente a tração através do princípio de refrigeração, que permite altos fluxos de combustível.

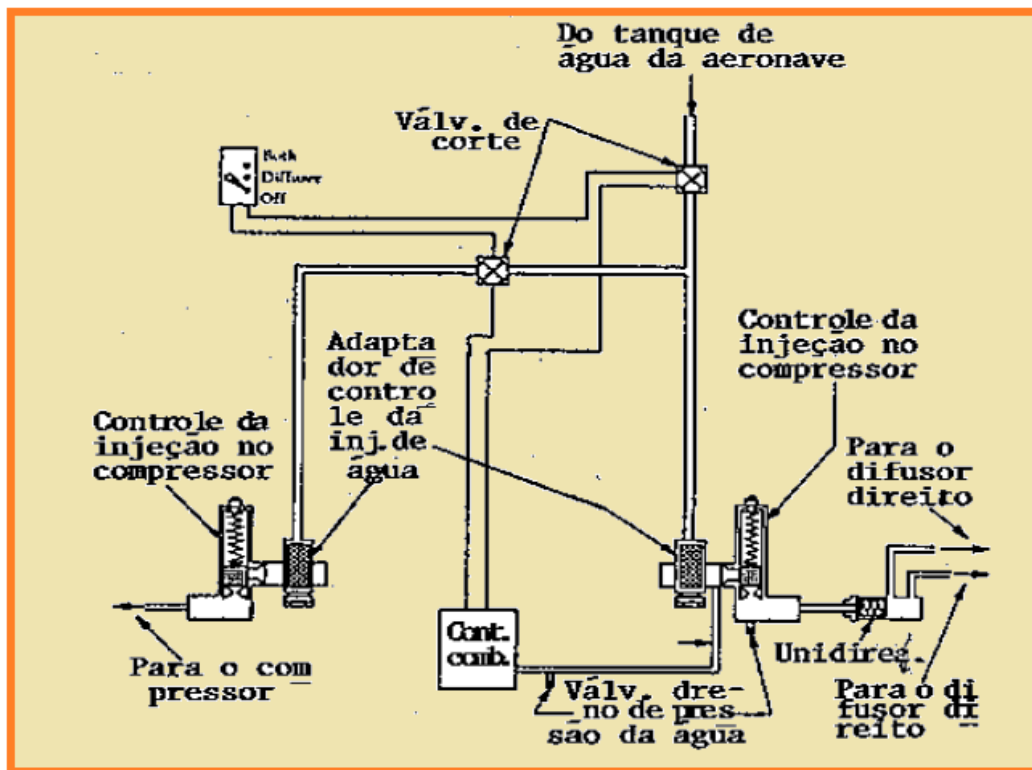
O sistema de injeção de água é projetado para operação dupla, em temperaturas ambientes acima de 5°C (40°F).

Em temperaturas acima de 5°C, a injeção na entrada do compressor não deve ser usada por causa do perigo da entrada de gelo que poderá ocorrer.

A água do sistema do tanque do avião é dirigida para as duas válvulas de corte, que governam o fluxo para os dois controles de injeção de água. As válvulas de corte são armadas através da atuação de uma chave na cabine de comando.

A(s) válvula(s) seletora(s) abre ou fecha no momento que um sinal elétrico da chave do controle de injeção de água for recebido.

Com a manete de tração avançada para a posição de decolagem, a chave de controle de injeção de água supre um sinal "OPEN" para a (s) válvula (s) de corte selecionada. Inversamente, quando a manete de tração é retardada abaixo do ponto de acionar a água, a chave supre um sinal "CLOSE" para a(s) válvula(s) de corte. Da válvula de corte aberta flui a água para os controles de injeção.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 3-61 Sistema típico de injeção de água

Desde que o sistema de injeção de água seja usado apenas quando a tração estiver ajustada para o máximo, ou perto do máximo, os controles não fazem variação nem medem o fluxo de água. Em lugar disto, eles mantêm uma pressão constante de saída através de um orifício fixo, deste modo mantendo o fluxo de água constante para o motor. A água do controle de injeção da entrada do compressor é direcionada para um duto principal e atomizado diretamente dentro do compressor neste ponto.

Do controle do alojamento do difusor a água passa através de uma válvula unidirecional e, é então direcionada para um duto principal divisor, do qual é atomizada dentro do alojamento do divisor.

Quando o sistema de injeção de água não está em uso, a válvula unidirecional também não estará prevenindo que o ar com alta temperatura de descarga do compressor retorne pela tubulação do sistema de injeção de água.

Válvulas dreno, localizadas abaixo das válvulas de corte de água, drenam as linhas de água do motor quando o sistema de injeção é desligado, desse modo evitando que a água congele nestas linhas.



## Referência Bibliográfica

**BRASIL. IAC – Instituto de Aviação Civil. Divisão de Instrução Profissional Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA (Airframe & Powerplant Mechanics-General Handbook). Edição Revisada 2002.**



## Encerrando a Disciplina

Caro aluno,

Chegamos ao final.

Tenho certeza de que conseguimos atingir os objetivos específicos da disciplina e agora você é capaz de:

- Identificar as características de funcionamento dos componentes do sistema de combustível dos motores de aeronaves;
- Descrever a operação e os procedimentos de manutenção de carburadores dos motores convencionais e dos controladores de combustível dos motores a reação;
- Identificar os princípios de operação do sistema indicador de quantidade de combustível.

Espero você em nosso fórum onde poderá contar comigo para tirar todas as suas dúvidas.

Sucesso!

Prof. Vanderlei dos Reis