

## CAPÍTULO 4

### COMBUSTÍVEIS E SISTEMAS DE COMBUSTÍVEL

#### INTRODUÇÃO

O combustível é uma substância que, quando combinado com o oxigênio, queima e produz calor. Os combustíveis devem ser classificados de acordo com seu estado físico, como: sólidos, gasosos ou líquidos.

#### Combustíveis sólidos

Combustíveis sólidos são extensivamente usados para motores de combustão externa; como os motores à vapor, onde a queima toma lugar sob as caldeiras ou em fornos. Eles incluem tais combustíveis, como madeira e carvão.

Os combustíveis sólidos não são usados em motores convencionais (recíprocos) onde a combustão se processa no interior dos cilindros por causa de sua baixa razão de queima, baixo valor calorífico e numerosas outras desvantagens.

#### Combustíveis gasosos

Combustíveis gasosos são usados, até certo ponto, para motores de combustão interna, onde um grande suprimento de combustível está prontamente disponível.

Gás natural e gás liquefeito de petróleo, são dois dos tipos mais comuns. Os combustíveis gasosos poderão ser desconsiderados, para o uso, em motores de aviões. O grande espaço, ocupado por eles, restringe o suprimento de combustível que pode transportar.

#### Combustíveis líquidos

Os combustíveis líquidos, em muitos aspectos, são os combustíveis ideais para o uso em motores de combustão interna. Os combustíveis líquidos são classificados como voláteis ou não voláteis.

Os combustíveis não voláteis são os óleos pesados, usados em motores Diesel. A classe volátil inclui aqueles combustíveis que são comumente usados com um dispositivo de medição e são levados ao cilindro do motor ou

câmara de combustão, em uma condição vaporizada ou parcialmente vaporizada. Entre eles estão o álcool, o benzol, o querosene e a gasolina.

O combustível de aviação é um líquido contendo energia química; que, através da combustão, é desprendida como energia térmica e, então, convertida em energia mecânica pelo motor. A energia mecânica é usada para produzir o empuxo que movimenta o avião.

Gasolina e querosene são os dois combustíveis mais amplamente usados na aviação.

#### CARACTERÍSTICAS E PROPRIEDADES DA GASOLINA DE AVIAÇÃO

A gasolina de aviação consiste quase que, inteiramente, de hidrocarbonos (composto-se de hidrogênio e carbono). Algumas impurezas na forma de enxofre e água dissolvida estarão presentes.

A água não pode ser evitada, uma vez que a gasolina é exposta a umidade na atmosfera. Uma pequena quantidade de enxofre, sempre presente no petróleo cru, é deixado em seu processo de fabricação.

O chumbo tetraetil (TEL) é adicionado à gasolina para melhorar sua performance no motor.

Os brometos orgânicos e os cloretos são misturados com o TEL, de forma que, durante a combustão, partículas voláteis de chumbo são formadas. Estas são expelidas com os produtos de combustão.

O TEL, se adicionado separadamente, queimará formando óxido sólido de chumbo, que permanece no interior do cilindro. Inibidores são adicionados à gasolina para suprimir a formação de substância, que seriam deixadas como sólidas, quando a gasolina se evapora.

Certas propriedades do combustível afetam a performance do motor. A volatilidade (maneira na qual o combustível queima durante o procedimento de combustão), e o valor de aquecimento do combustível.

Também é importante a corrosividade da gasolina, bem como a tendência de formar depósitos no motor durante o uso.

Esses últimos fatores são importantes por causa de seus efeitos na limpeza geral, que tem uma relação no tempo entre revisões gerais.

### Volatilidade

Volatilidade é a medida da tendência, de uma substância líquida, em vaporizar-se sob uma dada condição.

A gasolina é uma mistura (blend) de compostos de hidrocarbono volátil; que tem uma ampla gama de pontos de ebulição e pressões de vapor. Ela é misturada, de tal forma, que uma cadeia estreita de pontos de ebulição é obtida.

Isto é necessário para que sejam obtidas as características requeridas, de partida, aceleração, potência e mistura de combustível para o motor.

Se a gasolina vaporizar muito rapidamente, as linhas de combustível poderão ficar cheias de vapor, e causar um decréscimo de fluxo de combustível.

Se o combustível não vaporizar suficientemente rápido, poderá resultar em uma partida difícil, aquecimento lento e uma aceleração pobre, distribuição desigual de combustível para os cilindros, e uma diluição excessiva no carter.

Os combustíveis de baixo grau para automóveis não são mantidos dentro das tolerâncias requeridas para a gasolina de aviação; e, normalmente, possuem uma considerável quantidade de gasolina misturada (cracked), que poderão formar depósitos excessivos de goma.

Por esta razão, os combustíveis para automóveis não deverão ser usados em motores de avião; especialmente aqueles refrigerados a ar e operando em altas temperaturas de cilindro.

### Calço de vapor

A vaporização da gasolina, nas linhas de combustível, resulta em um suprimento reduzido de gasolina para o motor. E em casos severos, poderá resultar na parada do motor. Este fenômeno é conhecido como calço de vapor.

Uma medida da tendência da gasolina, para o calço de vapor, é obtida do teste de pressão de vapor "REID". Neste teste, uma amostra do combustível é selada dentro de uma "bomba", equipada com um manômetro de pressão.

Este aparato (figura 4-1), é imerso em um banho de temperatura constante, e a pressão indicada é anotada.

Quanto mais alta for a pressão corrigida da amostra em teste, maior suscetibilidade haverá para o calço de vapor. As gasolinas de aviação são limitadas a um máximo de 7 psi; por causa de sua tendência de aumentar o calço de vapor em grandes altitudes.

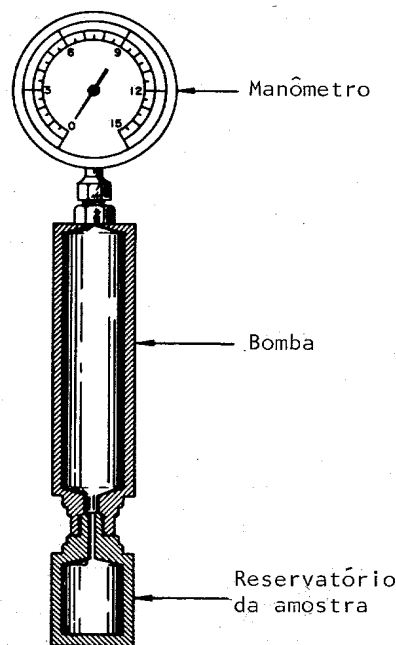


Figura 4-1 Equipamento de teste de pressão do vapor.

### Formação de gelo no carburador

A formação de gelo no carburador também é relacionada com a volatilidade. Quando a gasolina passa do estado líquido para o vapor ela extrai calor das redondezas para efetuar a mudança.

Quanto mais volátil for o combustível, mais rápida será a extração do calor. A medida que a gasolina sai do bico de descarga (discharge nozzle), do carburador e vaporiza-se, ela poderá congelar o vapor de água contido no ar que está sendo admitido. A umidade congela-se nas paredes do sistema de indução, garganta do venturi e válvulas de aceleração. Este tipo de

formação de gelo restringe a passagem de combustível e ar no carburador. Ela causa a perda de potência; e, se não eliminada, a eventual parada do motor.

Uma condição extrema de formação de gelo poderá tornar impossível a operação das manetes de aceleração. As condições de formação de gelo, são mais severas na faixa de -1° a 4°C de temperatura do ar exterior.

### **Combustíveis aromáticos**

Alguns combustíveis poderão conter consideráveis quantidades de hidrocarbonos aromáticos, que são adicionados para aumentar a gama de performance de mistura rica. Tais combustíveis, conhecidos como combustíveis aromáticos, têm um solvente forte e uma ação deformadora sobre alguns tipos de mangueiras e outras partes de borracha do sistema de combustível.

Por esta razão, foram desenvolvidas mangueiras e partes de borracha, para uso com combustíveis aromáticos.

### **Detonação**

Em um motor, operando de maneira normal, a chama frontal atravessa a carga a uma velocidade constante de cerca de 100 pés por segundo, até que a carga seja consumida.

Quando a detonação ocorre, a primeira porção da carga queima de forma normal; porém, a última porção queima quase que instantaneamente, criando uma pressão momentânea excessiva e desbalanceada na câmara de combustão.

Este tipo anormal de combustão é chamado detonação. O aumento excessivo na velocidade de queima causa a elevação da temperatura na cabeça do cilindro.

Em condições severas, o aumento da velocidade de queima diminuirá a eficiência do motor, e poderá causar dano estrutural à cabeça do cilindro ou pistão.

Durante a combustão normal, a expansão dos gases em queima comprime a cabeça do pistão para baixo, firme e suavemente sem um choque excessivo. A pressão aumentada da detonação exercida, em um curto período de tempo, produz uma pesada carga de impacto nas paredes da câmara de combustão e cabeça do pistão. É esse impacto, na câmara de

combustão, que aparece como um golpe audível em um motor de automóvel.

Se outros sons fossem eliminados, essa batida seria igualmente audível em um motor de avião. Geralmente, é necessário depender de instrumentos para detectar a detonação em um motor de avião.

### **-Ignição de superfície**

A ignição da mistura combustível/ar, causada por pontos quentes ou superfícies na câmara de combustão, é chamada de ignição de superfície. Entretanto, se ocorrer antes do evento de uma ignição normal, o fenômeno é chamado de “pré-ignição”.

Quando a ignição está ocorrendo, o resultado é a perda de potência e aspereza no funcionamento do motor. A pré-ignição é geralmente atribuída ao super aquecimento de tais partes; como eletrodos das velas, válvulas de escapamento, depósitos de carbono, etc. Quando a pré-ignição está presente, um motor poderá continuar a operar, mesmo que a ignição seja desligada.

Informações sobre esta manifestação indicam que a gasolina, contendo elevado hidrocarbono aromático, é mais suscetível a causar ignição de superfície do que os combustíveis de baixo teor.

### **Avaliação de octana e performance**

Número de octanas e composição, designam o valor anti-detonante da mistura de combustível, no cilindro de um motor.

Motores de aviação, de elevada entrega de potência têm sido feitos, principalmente pelo resultado de misturas, para produzir combustíveis de alta classificação de octanagem.

O uso de tais combustíveis tem permitido aumentos, na razão de compressão e pressão de admissão, resultando em melhora de potência e eficiência do motor. Entretanto, mesmo os combustíveis de alta octanagem detonarão e, também, sob condições severas de operação quando os controles do motor são operados indevidamente.

As qualidades anti-detonantes do combustível de aviação são designadas por graus. Quanto mais alto o grau, maior compressão o combustível poderá suportar sem detonar. Para os combustíveis que possuem dois

números; o primeiro indica o grau para mistura pobre, e o segundo para a mistura rica. Desta forma, o combustível 100/130 tem o grau 100 para mistura pobre e o grau 130 para a mistura rica.

Duas escalas diferentes são usadas para designar o grau do combustível. Para os combustíveis abaixo de 100 graus, os números de octanas são usados para designar o grau do combustível. O sistema de números de octanas é baseado na comparação de qualquer combustível, com mistura de iso-octana e heptana normal.

O número de octana de um combustível é a porcentagem de iso-octana, na mistura que duplica as características de detonação de um combustível, em particular, que está sendo classificado.

Assim, um combustível de grau 91, tem as mesmas características de detonação que a de uma mistura de 91 por cento de iso-octana, e 9 por cento de heptana normal.

Com o advento dos combustíveis, tendo características anti-detonantes superior a iso-octana, uma outra escala foi adaptada para designar o grau de combustíveis acima do número de 100 octanas. Essa escala representa a classificação do grau de combustível e sua disponibilidade de potência, livre de detonação igualmente comparado com a iso-octana pura disponível.

É suposto, arbitrariamente, que somente 100 por cento de potência é obtida da iso-octana. Um motor que tenha uma potência de 1000 HP, limitada pela detonação com combustível de 100 octanas, terá uma potência limitada de detonação 1.3 vezes maior (1300 cavalos) do que com um combustível classificado com número 130.

O grau de gasolina de aviação não é a indicação de sua possibilidade de fogo. A gasolina de grau 91/96 é tão fácil de inflamar, como a de grau 115/145, e explode igualmente com muita força. O grau indica somente a classificação da gasolina, para motores de avião. Um meio conveniente de melhorar as características anti-detonantes de um combustível, é adicionar um inibidor de detonação.

Tal fluido deverá ter o mínimo de corrosividade ou outras qualidades indesejáveis; e, provavelmente, o melhor inibidor disponível para usos em geral, no momento, é o “TEL”.

As poucas dificuldades encontradas, por causa das tendências à corrosão da gasolina “etilizada”, são insignificantes quando comparadas com os resultados obtidos do valor elevado anti-detonante do combustível.

Para a maior parte dos combustíveis de aviação, a adição de mais de 6 ml. por galão não é permitido. Quantidades em excesso sobre esse valor tem um pequeno efeito no valor anti-detonante; porém aumenta a corrosão e os problemas com as velas.

Existem dois tipos distintos de corrosão causados pelo uso de gasolina “etilica”. O primeiro é causado pela reação do brometo de chumbo com superfícies metálicas quentes, e ocorre quando o motor está em operação; o segundo é causado pelos produtos condensados da combustão; principalmente o ácido “hydrobromico”, quando o motor não está girando.

### **Pureza**

Os combustíveis de aviação devem estar livre de impurezas que possam interferir na operação do motor; ou nas unidades dos sistemas de combustível e de admissão de ar ao carburador.

Mesmo que todas as precauções sejam tomadas no armazenamento e serviços da gasolina, é comum encontrar uma pequena quantidade de água e sedimentos no sistema de combustível de uma aeronave.

Uma pequena quantidade de tal contaminação, é, normalmente retida nos filtros do sistema de combustível.

Geralmente, isto não é considerado como uma fonte de grande perigo, desde que os filtros sejam drenados e limpos em intervalos freqüentes. Entretanto, a água poderá apresentar sérios problemas, porque ela se assenta no fundo do tanque; e, poderá então, circular através do sistema de combustível.

Uma pequena quantidade de água fluirá com a gasolina através das passagens medidoras do carburador, e não será especialmente prejudicial. Uma excessiva quantidade de água deslocará o combustível, que está passando através dos medidores e restritores do fluxo de combustível, o que causará a perda de potência e poderá resultar na parada do motor.

Sob certas condições de temperatura e umidade, a condensação da umidade relativa do

ar ocorre nas superfícies internas dos tanques de combustível. Uma vez que esta condensação ocorra na parte acima do nível de combustível, é óbvio que a prática de reabastecer uma aeronave, imediatamente após o voo, em muito reduzirá esta deficiência.

### **Identificação**

As gasolinas contendo TEL deverão ser coloridas de acordo com as normas, ou seja, a gasolina poderá ser colorida para efeito de identificação. Por exemplo, a gasolina de aviação de grau 115/145 é púrpura; a de grau 100/130 é verde; e a de grau 91/96 é azul (figura 4-2).

A mudança de cor de uma gasolina de aviação; usualmente indica a contaminação com um outro produto, ou a perda da qualidade de combustível.

A mudança de cor também poderá ser causada por uma reação química, que tenha enfraquecido para mais leve, o componente de coloração. Essa mudança de cor, por si mesma, poderá não afetar a qualidade do combustível.

A mudança de cor também poderá ser causada pelo preservativo, usado em uma mangueira nova. A gasolina de grau 115/145 que tenha sido bloqueada, durante um curto período de tempo, em uma mangueira nova, poderá aparecer de cor verde. Fluindo uma pequena quantidade de gasolina, através da mangueira, normalmente todos os traços de mudança da coloração serão removidos.

### **Marcas de identificação**

O método mais positivo de identificação do tipo e do grau do combustível, é o seguinte:

1. Marcação nas tubulações - Uma faixa colorida, nunca menor do que 30 cm (1 pé) de largura, é pintada próximo à conexão em cada extremidade da mangueira, usada para abastecimento de combustível. As faixas devem circundar o tubo; e, o nome e o grau do produto devem ser escritos longitudinalmente, em letras de 2,5 cm (1 polegada), de uma cor contrastante com a da mangueira.
2. Marcação dos carros - tanque, e pontos de abastecimento - Placas, identificando o nome e o grau do produto, devem estar

permanentemente fixadas em cada medidor e cada bico de abastecimento. Placas de porcelana (de 10cm x 15cm - 4" x 6"), contendo as mesmas informações, devem estar permanentemente aparafusadas na parte externa; na traseira do equipamento de abastecimento. As mangueiras dos carros-tanques são enfaixadas com as mesmas cores utilizadas no equipamento fornecedor.

### **COMBUSTÍVEIS PARA MOTORES A TURBINA**

As aeronaves com turbinas a gás, são projetadas para operar com um combustível destilado, comumente chamado de combustível de jato.

Os combustíveis de jato também são compostos de hidrocarbonos, com um pouco mais de carbono; e, normalmente, contendo mais enxofre do que a gasolina. Inibidores também poderão ser adicionados, para reduzir a corrosão e oxidação. Aditivos anti-gelo também estão sendo misturados, para evitar o congelamento do combustível.

Dois tipos de combustíveis de jato estão em uso comum atualmente, sendo: (1) Querosene de grau de combustível para turbina, agora designada como "Jet-A"; e (2) uma mistura de gasolina e frações de querosene, designado "Jet-B". Existe um terceiro tipo, chamado de "Jet-A-1", o qual é produzido para operação em temperaturas extremamente baixas (Ver a figura 4-3).

Existe uma diferença física muito pequena entre o combustível Jet-A (JP-5) e o querosene comercial.

O Jet-A foi desenvolvido como um querosene pesado, tendo um ponto de fulgor mais alto e um ponto de congelamento mais baixo, do que a maioria dos querosenes. Ele tem uma pressão de vapor muito baixa, de forma que existe pouca perda de combustível por vaporização ou ebulição em grande altitude. Ele contém maior energia térmica por galão do que o "Jet-B (JP-4).

O "Jet-B" é similar ao "Jet-A". É uma mistura da fração de gasolina e querosene. A maioria dos motores de turbinas comerciais operam tanto com o Jet-A como com o Jet-B. Entretanto, a diferença na gravidade específica

dos combustíveis poderá requerer ajustes de controle de combustível. Portanto os combustíveis não poderão ser sempre considerados intercambiáveis.

Os combustíveis Jet-A e Jet-B são misturas de destilados pesados, e tendem a absorver água.

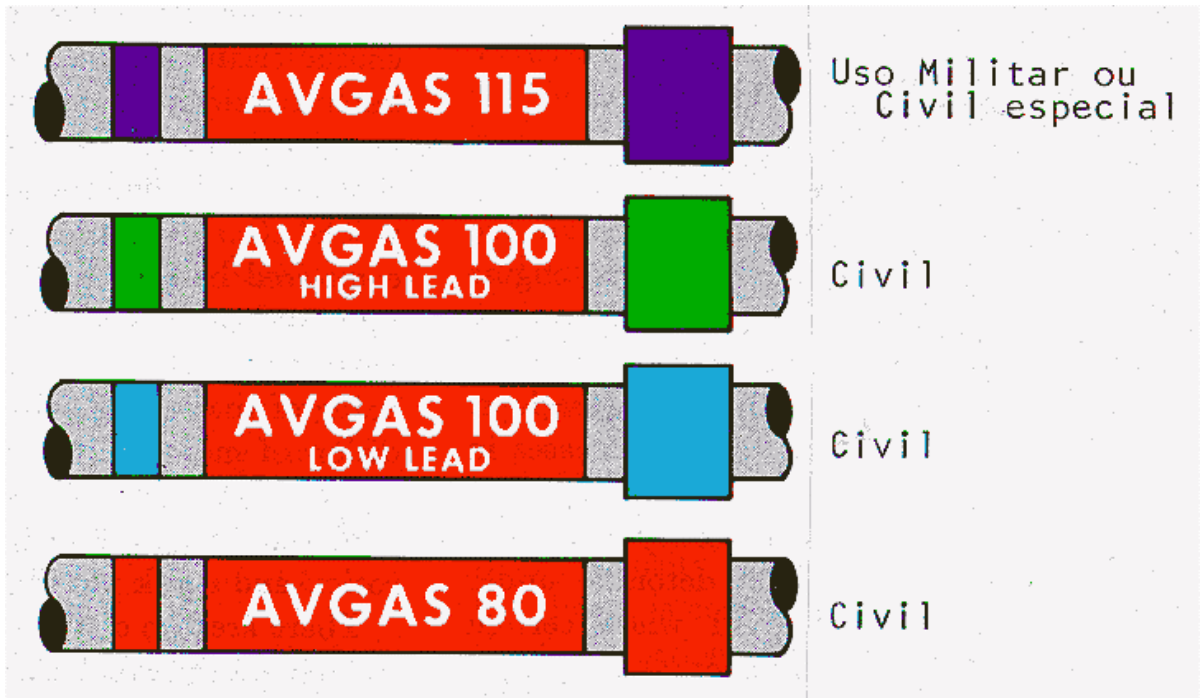


Figura 4-2 Identificação de avgas.

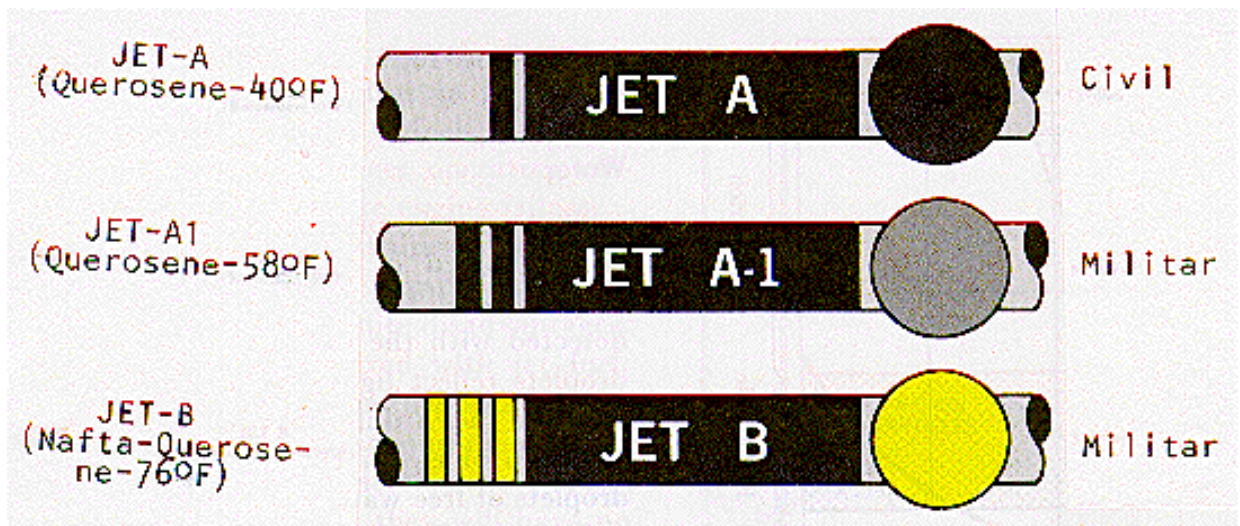


Figura 4-3 Identificação de combustível para motores a turbina

A gravidade específica dos combustíveis de jato, especialmente o querosene, é mais próxima à água do que a gasolina de aviação; desta forma, qualquer água introduzida ao combustível, tanto através do reabastecimento como da condensação, tomará um tempo apreciável para assentar-se. Em grandes altitudes, onde baixas temperaturas são encontradas, gotículas de água combinam com o combustível para formar uma substância congelante chamada “gel”. A massa de “gel” ou gelo; que pode ser gerada pela umidade mantida em suspensão no combustível de jato, poderá ser muito maior do que na gasolina.

### Volatilidade

Uma das características mais importantes dos combustíveis de jato, é a volatilidade. Ela deverá, por necessidade, ter um compromisso entre vários fatores de oposição.

Um combustível altamente volátil, é preferível para facilitar a partida em tempo frio e tornar as partidas em vôo mais fáceis e seguras. A baixa volatilidade é preferível para reduzir a possibilidade do calço de vapor, e reduzir as perdas de combustível por evaporação.

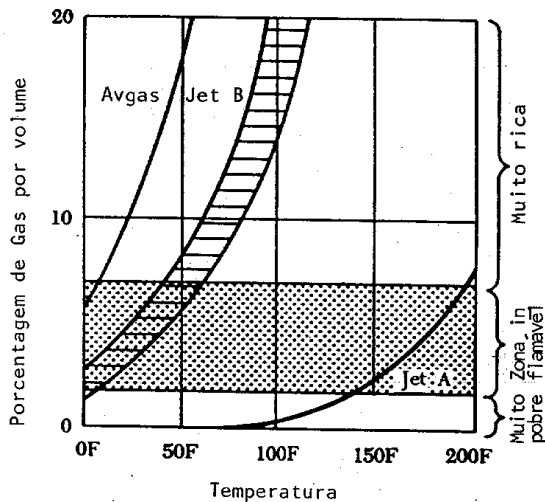


Figura 4-4 Vaporização dos combustíveis de aviação sob pressão atmosférica.

Em temperaturas normais, a gasolina em um recipiente fechado ou em um tanque, poderá produzir tanto vapor que, a mistura combustível/ar, poderá ser rica demais para queimar. Sob as mesmas condições, o vapor

produzido pelo combustível Jet-B poderá estar na faixa inflamável ou explosiva.

O combustível Jet-A é de uma volatilidade muito baixa; de modo que, em temperaturas normais produz tão pouco vapor, que não forma uma mistura combustível/ar inflamável ou explosiva.

A figura 4-4, mostra a vaporização dos combustíveis de aviação com relação a pressão atmosférica.

### Identificação

Pelo fato dos combustíveis de jato não serem coloridos, não há identificação visual para os mesmos. Eles variam de um líquido incolor a uma cor de palha (âmbar), dependendo da idade ou da origem do petróleo cru.

Os números dos combustíveis de jato são números de tipos e não tem relação com a classificação de combustível para motor de aviação.

### CONTAMINAÇÃO DO SISTEMA DE COMBUSTÍVEL

Existem diversas formas de contaminação em combustível de aviação. Quanto mais alta for a viscosidade do combustível, maior será sua capacidade em manter contaminantes em suspensão. Por esta razão, os combustíveis de jato, tendo uma alta viscosidade, são mais suscetíveis à contaminação do que a gasolina de aviação.

O principal contaminante que reduz, principalmente, a qualidade da gasolina e do combustível para turbina são outros produtos de petróleo, como: água, oxidação ou ferrugem e sujeira.

### Água

A água pode estar presente no combustível, em duas formas: (1) dissolvida no combustível; (2) entranhada ou em suspensão no combustível. A água entranhada (em suspensão) poderá ser detectada a olho nu.

As gotículas, finamente divididas, refletem a luz, e em altas concentrações dão ao combustível uma aparência nublada; pouco transparente.



As partículas entranhadas poderão unirse, formando gotículas de água livre. O combustível poderá estar nublado por um número de razões. Se o combustível estiver nublado e a nuvem desaparecer na parte inferior, indica presença de ar; se a nuvem desaparece na parte superior, indica presença de água.

A nuvem normalmente indica água em suspensão no combustível. A água livre poderá causar a formação de gelo no sistema de combustível da aeronave, normalmente nos filtros das bombas de reforço (boost pumps), e nos filtros de baixa pressão. A leitura dos indicadores de combustível poderá se tornar errônea devido a um curto-circuito, nos sensores elétricos de quantidade de combustível.

Grandes quantidades de água poderão causar a parada do motor. Se a água livre for salina, ela poderá causar corrosão nos componentes do sistema de combustível.

### **Partículas estranhas**

Muitas partículas estranhas são encontradas como sedimentos no combustível. Elas são constituídas de qualquer material, com o qual o combustível entra em contato. Os tipos mais comuns são: Ferrugem, areia, compostos de alumínio e magnésio, partículas de latão e borracha.

A ferrugem é encontrada em duas formas: (1) Ferrugem vermelha, que não é magnética; e (2) Ferrugem preta, que é magnética. Elas aparecerão no combustível como um pó vermelho ou preto (que poderão assemelhar-se ao corante), ou granulação.

Areia ou poeira no combustível aparecem na forma cristalina, granular ou semelhante ao vidro.

Compostos de alumínio ou magnésio aparecem no combustível na forma de pó ou pasta branca ou cinza. Esse pó ou pasta torna-se muito pegajoso ou gelatinoso quando a água estiver presente.

O latão é encontrado no combustível na forma de partículas, ou pó de cor dourada brilhante.

A borracha aparece no combustível, em pedaços razoavelmente grandes e irregulares. Todas essas formas de contaminação poderão causar o engripamento ou mau funcionamento

dos dispositivos de medição do combustível, divisores de fluxo, bombas e injetores.

### **Contaminação com outros tipos ou graus de combustível**

A mistura não intencional de produtos de petróleo, poderá resultar em combustíveis que dão uma performance inaceitável na aeronave. Um motor de avião é projetado para operar com o máximo de eficiência, com combustíveis de especificações definidas. O uso de combustíveis que diferem daquelas especificações reduz a eficiência operacional, e podem levar a uma falha completa de motor.

Operadores de aviões com motores à turbina são, algumas vezes, forçados por circunstâncias, a misturar combustíveis. Tais misturas, entretanto, têm muitas desvantagens definidas.

Quando a gasolina de aviação é misturada com o combustível de jato, o TEL na gasolina forma depósitos nas lâminas e aletas da turbina. O contínuo uso de combustíveis misturados poderão causar a perda na eficiência do motor. Entretanto, em bases de uso limitado, eles não trarão efeitos prejudiciais ao motor.

Gasolina de aviação, contendo por volume mais do que 0,5% de combustível para jato, poderá reduzir abaixo dos limites permitidos a razão de detonação. A gasolina contaminada com combustível para turbina é insegura para o uso em motores convencionais.

### **Desenvolvimento microbial**

O desenvolvimento microbial é produzido por várias formas de microorganismos, que vivem e se multiplicam nas interfaces de água dos combustíveis para jato.

Esses organismos poderão formar um “Fungo”, similar em aparência aos depósitos encontrados em água estagnada. A cor deste fungo em desenvolvimento poderá ser vermelha, marrom, cinza ou preta. Se não for devidamente controlada pela remoção freqüente da água livre, o desenvolvimento destes organismos poderá tornar-se extensivo.

Os organismos alimentam-se dos hidrocarbonos, que são encontrados nos combustíveis, porém eles precisam de água livre, a fim de se multiplicarem.

Os micro organismos têm uma tendência a se combinarem, geralmente aparecendo com

uma camada marrom, que age como um absorvedor, para maior quantidade de umidade.

Essa mistura de combinação, acelera o desenvolvimento dos micro organismos. O desenvolvimento de micro organismos poderá não interferir somente com a indicação do fluxo e de quantidade de combustível; porém, mais importante, poderá iniciar uma ação eletrolítica corrosiva.

### Sedimentos

Os sedimentos se apresentam como poeira, material fibroso, grãos, flocos ou ferrugem. Partículas ou grãos de sedimento para serem visíveis, indicam ter aproximadamente 40 microns ou mais em tamanho (ver a figura 4-5). A presença de um número apreciável daquelas partículas indicam um mau funcionamento do filtro/separador, ou uma fonte de contaminação ao longo da linha do filtro/separador, ou ainda um reservatório inadequadamente limpo. Mesmo com o mais eficiente filtro/separador e um cuidadoso manuseio do combustível, uma partícula pode ser ocasionalmente encontrada. Esses procedimentos dispersos, normalmente são devidos a migração através do filtro, e não apresentam um problema para o motor ou para o controle do combustível. Os sedimentos, ordinariamente são encontrados como um pó fino ou lama. Os dois principais componentes desse sedimento fino são, normalmente, areia e ferrugem.

Os sedimentos podem ser tanto orgânicos como inorgânicos. A presença de apreciável quantidade de material fibroso (visível a olho nu), é usualmente indicação de um elemento de filtro quebrado pela ruptura do próprio elemento ou pela desintegração mecânica de um componente do sistema.

Usualmente, grande volume de partículas metálicas, sugere uma falha mecânica em algum lugar do sistema, a qual não se limita necessariamente à falha do filtro metálico.

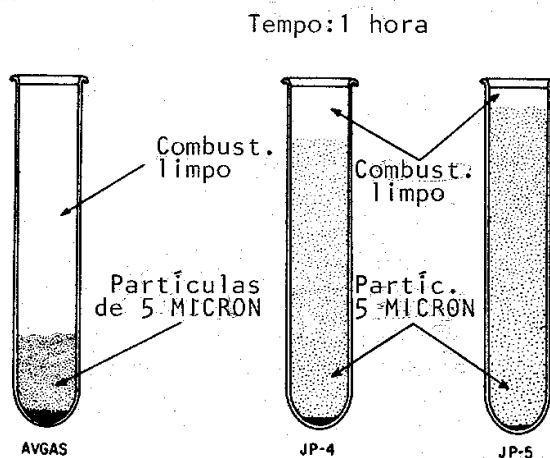


Figura 4-5 Comparação da razão das partículas.

Em uma amostra limpa de combustível, os sedimentos não serão visíveis a não ser sob uma meticolosa inspeção. A presença persistente de sedimentos, é sempre suspeita, requerendo apropriados testes de supervisão e medidas corretivas aplicadas ao sistema de combustível.

Sedimentos ou contaminação sólida podem ser divididos em duas categorias: (1) sedimento grosseiro e (2) sedimento fino.

### Sedimento grosseiro

O sedimento que pode ser visto e separado do combustível, ou que pode ser filtrado, é um sedimento grosseiro. Ordinariamente, as partículas de 10 microns de tamanho, e maiores, são consideradas sedimentos grosseiros (ver a figura 4-6).

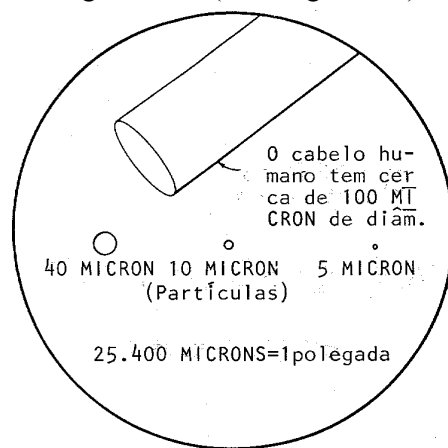


Figura 4-6 Comparação das pequenas partículas com o cabelo humano.

Partículas grossas bloqueiam orifícios e obstruem as folgas e ressaltos das válvulas deslizantes, causando problemas e desgaste dos controles do combustível e do equipamento de medição. Elas afetam também as telas dos bicos ejetores, obstruindo-os, bem como outras telas finas através do sistema de combustível da aeronave.

### **Sedimento fino**

Partículas menores do que 10 microns podem ser definidas como sedimentos finos (ver a figura 4 - 6). Noventa e oito por cento dos sedimentos finos podem ser removidos por assentamento, filtragem ou centrifugação.

As partículas desse padrão, acumuladas por todas as partes dos controles do combustível, aparecem como uma camada de verniz escuro na superfície das válvulas deslizantes, e podem também ser centrifugadas nas câmaras rotativas como uma substância com a aparência de barro, causando a operação lenta do equipamento de medição do combustível.

As partículas finas não são visíveis a olho nu como partículas separadas ou distintas; elas, no entanto, dispersas na claridade, podem aparecer como pontos luminosos ou como uma leve nebulosidade no combustível.

O máximo de tempo possível deve ser permitido ao combustível nos tanques após o reabastecimento, para que haja um razoável assentamento da água e dos sedimentos.

### **Deteção de contaminação**

A contaminação grosseira pode ser detectada visualmente. O melhor critério para a deteção de contaminação, é a de que o combustível esteja limpo e brilhante; e que não contenha água livre perceptível.

Limpo significa ausência de qualquer sedimento realmente visível; ou água misturada. Brilhante refere-se a aparência de brilho dos combustíveis limpos e sem água.

Água livre é indicada por uma nuvem opaca ou um sedimento de água. A nuvem poderá estar ou não presente quando o combustível estiver saturado de água.

O combustível perfeitamente claro, poderá conter três vezes o volume de água, considerado tolerável.

Vários métodos para verificação em pista do conteúdo de água têm sido desenvolvidos.

Um é o de adicionar um elemento corante, que é solúvel na água; porém, não no combustível. Amostras de combustível incolor adquirem uma coloração definida se a água estiver presente.

Um outro método utiliza pó químico cinza, que muda para a cor rosa passando por púrpura, no caso de 30 ou mais p.p.m. (partes por milhão) de água estiverem presentes na amostra de combustível.

Num terceiro método, uma agulha hipodérmica é usada para tirar o combustível através de um filtro quimicamente tratado. Se a amostra mudar a cor do filtro, de amarelo para azul, o combustível terá pelo menos 30 p.p.m. de água.

Desde que o combustível drenado dos decantadores dos tanques possam estar saturados, devemos levar em conta que nenhum método de deteção de água deverá ser usado enquanto a água entranhada no combustível estiver congelada, formando cristais de gelo.

Existe uma boa possibilidade de que a água não seja drenada ou detectada se os decantadores forem drenados, enquanto o combustível estiver a uma temperatura abaixo de 32° F (0° c), após ter sido esfriado no voo.

A razão para isto, é que, os drenos decantadores poderão não estar no ponto mais baixo no tanque de combustível enquanto o avião estiver em uma altitude de voo; e a água poderá acumular e congelar em outras áreas do tanque, que permanecerá, sem ser detectada, até que ela se degele.

A drenagem será mais efetiva, se for feita depois do combustível ter ficado em repouso por um período de tempo durante o qual a água possa precipitar-se e alojar-se no ponto de dreno.

As vantagens do período de decantação se perderão a não ser que a água acumulada seja removida dos drenos, antes que o combustível seja agitado pelas bombas internas.

### **Controle de contaminação**

O sistema de combustível da aeronave pode ser considerado como dividido em três partes, quando se refere a pureza do combustível.

O fabricante produz um combustível limpo. A contaminação pode ocorrer a qualquer tempo, após o combustível ter sido produzido.

A primeira parte do sistema de combustível, é o sistema de entrega e estocagem, entre a refinaria e o carro-tanque de abastecimento no aeroporto.

Embora este sistema não seja fisicamente uma parte da aeronave, ele é de igual importância no controle da contaminação.

A qualquer tempo em que o combustível esteja sendo transportado, ele estará sujeito a contaminação. Por esta razão, todo o pessoal de manutenção da aviação deverá estar familiarizado com os métodos de controle da contaminação.

Fundamental no controle de contaminação dos combustíveis para turbina, são os métodos seguidos pela indústria, no recebimento e na estocagem de qualquer carga de produtos de petróleo.

Esses métodos têm sido estabelecidos como corretos e, são tão conhecidos, que se torna desnecessário repeti-los aqui.

Os procedimentos de reabastecimento, usados pelos operadores de aeronaves com turbina deverão incorporar os seguintes requisitos:

1. O combustível bombeado nos depósitos do aeroporto deverão passar através de um filtro-separador. O filtro deverá estar dentro das normas previstas na especificação MIL-F-8508A.
2. Aos combustíveis para turbina, deverá ser permitido um período de assentamento, correspondente a uma hora para cada pé de profundidade do combustível estocado, antes de ser removido para uso. Isto significa que deve ser providenciado mais de um depósito para cada tipo de produto.
3. Os tanques de estocagem devem ser checados com papel de tornassol, após o recebimento de cada carga nova de combustível e o seu devido assentamento. O papel de tornassol deverá permanecer submerso por 15 segundos, no mínimo. Durante os períodos de chuva forte, os tanques subterrâneos deverão ser checados com o papel de tornassol com maior frequência.

4. As linhas de sucção deverão estar, no mínimo, a 6 polegadas do fundo do tanque. Os tanques de estocagem de querosene deverão estar equipados com linhas de sucção do tipo flutuante. Estas linhas flutuantes não removem o produto da parte inferior do tanque, o qual pode não ter sido assentado suficientemente. Isto também evita a reintegração de alguma contaminação do fundo do tanque, no combustível. A linha de sucção flutuante é o único e lógico meio de tirar total vantagem da força da gravidade, em remover a água e a contaminação por partículas estranhas. Esta importância não deve ser minimizada.
5. O combustível sendo removido do tanque de estocagem, deverá passar através de um filtro-separador que tenha a especificação MIL-F-8508A.
6. Grande cuidado deve ser tomado, durante o carregamento de veículos abastecedores, para evitar pó, sujeira, chuva ou outros materiais estranhos, transportados pelo ar.
7. Para reduzir as probabilidades de formação de ferrugem e escamas, os tanques dos carros abastecedores devem ser construídos de aço inoxidável, de material não ferroso ou de aço revestido de matéria neutra.
8. O combustível para turbinas, quando colocado nas aeronaves por caminhões-tanques ou hidrantes, deverão ser filtrados para um grau de 5 microns para partículas sólidas, e conter menos de 0,0015% de água livre ou entranhada. Válvulas de desvio para o filtro não deverão ser permitidas.
9. Todas os procedimentos de controle de qualidade, normalmente seguidos no manuseio da gasolina de aviação, deverão ser empregados. Isto inclui uma regular checagem do filtro-separador do tipo teste de "claro e brilhante"; e contínua ênfases na limpeza. Exemplos: Não deixar o bico de abastecimento arrastar-se no avental de proteção. Manter tampado o bico de abastecimento, durante todo o tempo em que não estiver sendo utilizado.

## **SISTEMAS DE COMBUSTÍVEL**

Um sistema de combustível de avião armazena e distribui uma quantidade apropriada de combustível limpo a uma pressão correta, para satisfazer a demanda do motor. Um sistema de combustível bem projetado assegura um fluxo positivo e eficiente através de todas as fases do voo, que inclui mudanças de altitude, manobras violentas, acelerações e desacelerações súbitas.

Além do mais, o sistema deverá estar razoavelmente livre da tendência de travamento por vapor, o que poderá resultar das mudanças climáticas no solo e em voo. Indicadores tais, como: os manômetros de pressão, de combustível, sinais de advertência e indicadores de quantidade, são instalados para dar uma contínua indicação de como o sistema está funcionando.

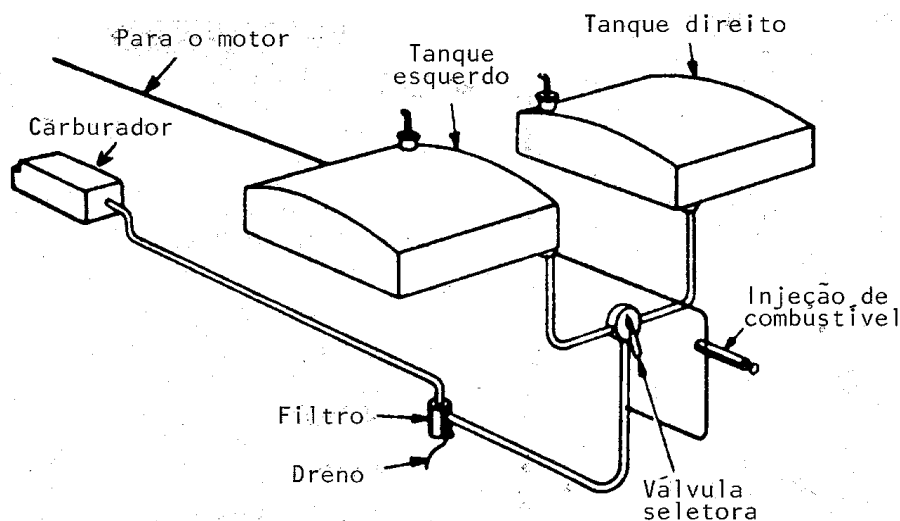


Figura 4-7 Sistema de alimentação por gravidade.

O tipo mais simples de sistema de combustível é o de alimentação por gravidade, o qual está ainda em uso em muitos aviões de baixa potência. Um sistema de alimentação por gravidade é mostrado na figura 4-7. Os tanques de combustível são montados acima dos carburadores, com a gravidade fazendo com que o combustível flua do tanque para o carburador. Uma válvula seletora é provida para interromper o fluxo de combustível ou selecionar um tanque em particular no sistema, do qual o combustível deverá ser usado. Um filtro limpa o combustível antes que o mesmo atinja o carburador. Um dreno é instalado para remover a água e sedimentos presos no filtro. Uma bomba injetora manual (primer) fornece uma quantidade adicional de combustível requerido para a partida do motor.

Aeronaves equipadas com motores de alta potência, requerem um sistema de combustível que forneça o combustível ao carburador a uma pressão positiva.

A fonte básica para esta pressão é uma bomba de combustível acionada pelo motor,

porém bombas auxiliares ou bombas de reforço são necessárias em cada sistema de alimentação por pressão, para vários propósitos:

- (1) suprir a pressão de combustível para a partida do motor;
- (2) suprir combustível para o sistema de injetor, e (3) para servir como uma bomba de emergência no caso de falha da bomba acionada pelo motor.

#### COMPONENTES DO SISTEMA DE COMBUSTÍVEL

Os componentes básicos de um sistema de combustível, incluem tanques (reservatórios), linhas, válvulas, bombas, unidades de filtragem, indicadores, sinais de advertência, e escorva.

Alguns sistemas incluirão provisões para reabastecimento central, válvulas de alijamento de combustível e meios para a transferência de combustível.

No sentido de esclarecer os princípios de operação de um complexo sistema de combustível de aeronaves, as várias unidades são discutidas nos parágrafos seguintes.

## Tanques de combustível

A localização, o tamanho, a forma e a construção dos tanques de combustível variam com o tipo e a utilização da aeronave. Em alguns aviões, os tanques de combustível são integrais com a asa ou outras partes estruturais da aeronave.

Os tanques de combustível são feitos de material que não reage quimicamente com qualquer combustível de aviação. A liga de alumínio é amplamente usada, e a borracha sintética é para o tipo de células de combustível, que são usadas em algumas instalações.

Usualmente, um decantador e um dreno são providos no ponto mais baixo do tanque, conforme é indicado na figura 4-8. Quando um decantador ou ponto baixo é provido no tanque, a alimentação principal de combustível não é retirada da parte inferior do decantador, de um ponto mais alto no tanque.

A parte superior de cada tanque é ventilada para o ar externo, a fim de manter a pressão atmosférica dentro do tanque. Os suspiros (vents) são projetados para diminuir a possibilidade de seu bloqueio por sujeira ou formação de gelo.

Com a finalidade de permitir rápidas mudanças na pressão interna do ar, o tamanho do suspiro é proporcional ao tamanho do tanque, evitando desta forma o colapso do mesmo em uma acentuada subida ou descida.

Todos, com exceção de tanques muito pequenos, são adaptados com defletores internos, para resistir às flutuações do combustível, causadas pelas mudanças de atitude do avião. Usualmente, um espaço é provido nos tanques de combustível, para permitir um aumento no volume de combustível devido à expansão.

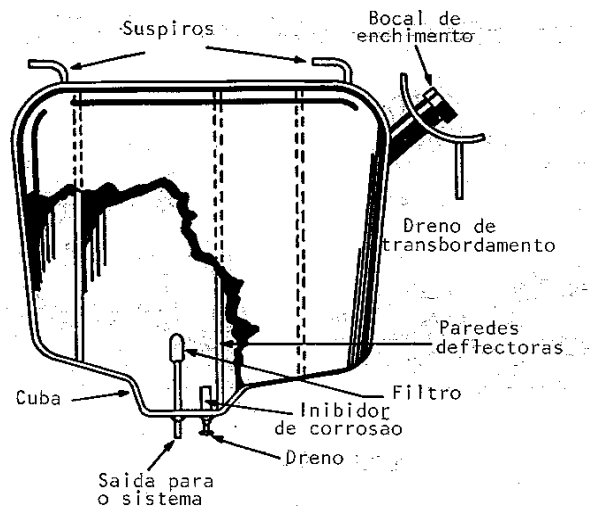


Figura 4-8 Um típico tanque metálico de combustível.

O bocal de abastecimento e tampão, está normalmente localizado em uma parte rebaixada com um orifício e dreno. O orifício é projetado para evitar que o transbordamento do combustível entre na estrutura da asa ou fuselagem.

As tampas possuem dispositivos de travamento para evitar uma possível perda acidental em voo.

As aberturas de abastecimento são claramente marcadas com a palavra "FUEL" (combustível), a capacidade do tanque e o tipo de combustível a ser usado. A informação concernente à capacidade de cada tanque é usualmente marcada perto das válvulas seletoras de combustível, bem como nas tampas de abastecimento.

Alguns tanques de combustível são equipados com válvulas de alijamento, que tornam possível o alijamento do combustível em voo, com a finalidade de reduzir o peso da aeronave ao seu peso máximo de pouso especificado. Em aeronaves equipadas com válvulas de alijamento, o controle de operação está localizado ao alcance do piloto, co-piloto ou do engenheiro de voo. As válvulas de alijamento são projetadas e instaladas para efetuar uma descarga do combustível rápida e segura.

## Células de combustível

Os aviões atuais poderão estar equipados com um ou mais dos seguintes tipos de células de combustível: o tipo célula de borracha; e célula integral de combustível.

## Célula do tipo câmara de borracha

A célula de combustível do tipo câmara de borracha, é uma célula não auto-vedante que é usada para reduzir o peso. Ela depende inteiramente da estrutura da cavidade, na qual é assentada para suportar o peso de combustível nela contido. Por esta razão a célula é feita ligeiramente maior do que a cavidade. As células de câmara de borracha em uso são feitas de borracha ou de nylon.

## Células integrais de combustível

Uma vez que as células integrais são construídas dentro da estrutura da asa do avião, elas não são removíveis. Uma célula integral é parte da estrutura da aeronave, que é montada, de tal forma, que quando as costuras, fixadores estruturais e portas de acesso são devidamente vedados, a célula suporta o combustível sem vazamento. Este tipo de construção é usualmente referido como “asa molhada”.

## Linhas de combustível e acoplamentos

Em um sistema de combustível de aeronave, os vários tanques e outros componentes são usualmente unidos por linhas de combustível, feitas de tubos metálicos conectados; e, quando a flexibilidade é necessária, por comprimentos de tubulações flexíveis.

As tubulações metálicas são usualmente feitas de liga de alumínio e, os tubos flexíveis, de borracha sintética ou de teflon. O diâmetro dos tubos são definidos pela demanda de fluxo de combustível do motor.

Cada linha de combustível é identificada por meio de uma cinta colorida de codificação, em cada extremidade. Exceto quanto à linhas curtas entre conexões flexíveis, as tubulações deverão ser devidamente suportadas por meio de braçadeiras, aos membros estruturais da aeronave.

Uma mangueira especial resistente ao calor é usada onde linhas flexíveis estiverem sujeitas a um calor intenso.

Para todas as linhas flexíveis de combustível, localizadas a frente da parede de fogo, são usadas mangueiras resistentes a fogo.

Em muitas instalações, as linhas de combustível são projetadas para serem localizadas dentro dos tanques. Portanto, pequenos vazamentos ocorrendo dentro do tanque são classificados como vazamentos internos, e não causam perigo de fogo.

## Filtros de combustível

Os filtros são instalados nas saídas dos tanques e, freqüentemente, nos bocais de abastecimento.

Eles são de malha relativamente grossa para evitar que somente partículas maiores entrem no sistema de combustível. Outros filtros de malha fina são instalados na entrada de combustível ao carburador, e nas linhas de combustível.

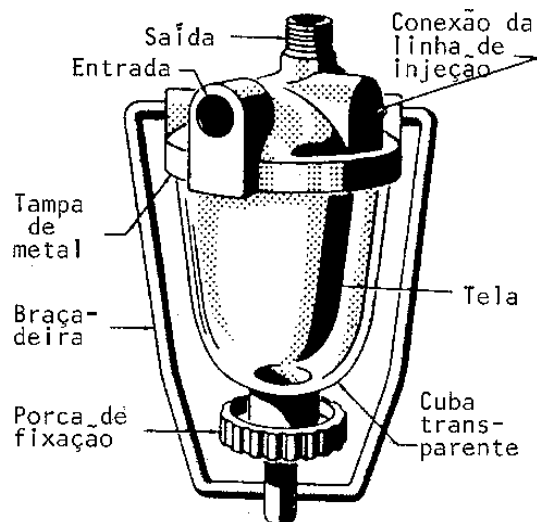


Figura 4-9 Filtro principal para pequenas aeronaves.

A função do filtro principal é importante; não somente ele evita a entrada de materiais estranhos ao carburador como, também, devido a sua localização em um ponto baixo do sistema de combustível, bloqueia qualquer pequena quantidade de água que possa estar presente no sistema.

Em aeronaves multi-motoras, um filtro especial é usualmente instalado em cada nacele de motor.

Um filtro principal para um avião leve, é mostrado na figura 4-9. Ele consiste de uma parte metálica superior, um filtro e uma cuba de vidro. A cuba é fixada à tampa por meio de uma braçadeira e uma porca, para torque manual.

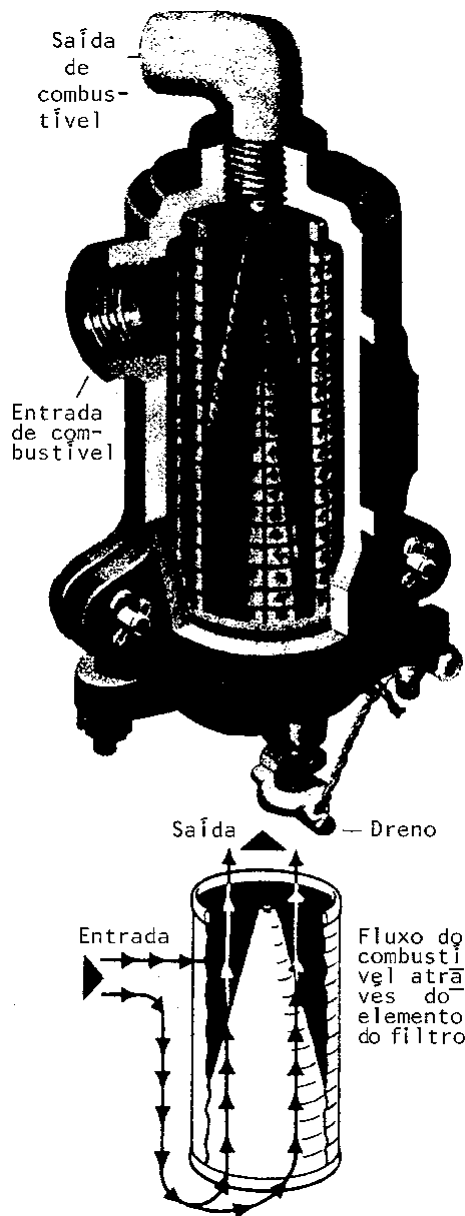


Figura 4-10 Filtro principal de combustível.

O combustível entra na unidade através da porta de entrada, é filtrada através da malha que está na porta de saída.

Em intervalos regulares a cuba de vidro deverá ser drenada e o filtro removido para inspeção e limpeza.

O filtro principal, mostrado na figura 4-9 é instalado de tal forma, que o combustível flui através dele antes de alcançar a bomba acionada pelo motor.

O filtro está localizado no ponto mais baixo do sistema de combustível.

A forma e a construção do filtro de malha fina provê uma grande superfície de filtragem embutida em um alojamento

compacto. Reforçando o filtro, existe uma malha de arame grosso.

### Bombas auxiliares de combustível

Bombas de recalque, centrífugas de acionamento elétrico, mostrada na figura 4-11, alimentam o combustível sob pressão para a admissão da bomba acionada pelo motor.

Este tipo de bomba é uma parte essencial do sistema de combustível, particularmente em grandes altitudes, para manter pressão no lado de sucção da bomba acionada pelo motor, evitando que se torne baixa, a ponto de permitir a ebulição de combustível.

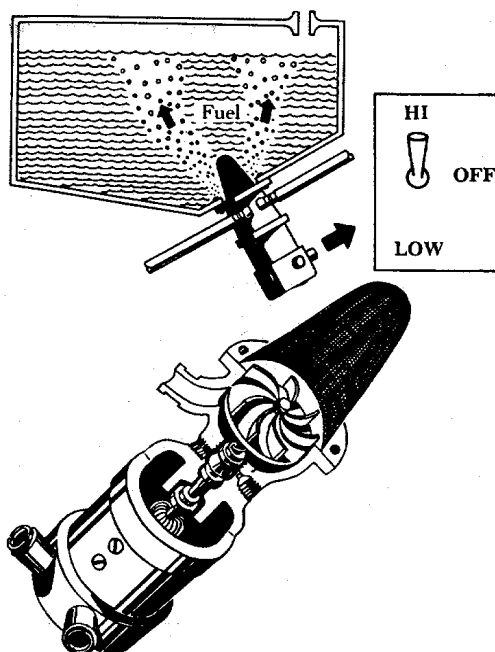


Figura 4-11 Bomba centrífuga de reforço.

Esta bomba de recalque é também usada para transferir o combustível de um tanque para outro, para alimentar combustível sob pressão para escorva durante a partida do motor, e, como uma unidade de emergência, alimentar combustível ao carburador, no caso de falha da bomba acionada pelo motor.

Para aumentar a capacidade da bomba sob condições de emergência, muitas bombas são equipadas com um controle de duas velocidades ou de velocidade variável, que a pressão recomendada de combustível na entrada do carburador possa ser mantida.

Como uma medida de precaução, as bombas de recalque são sempre ligadas durante



as decolagens e pousos, para garantir uma alimentação positiva de combustível.

A bomba de recalque é montada na saída do tanque dentro de um decantador desmontável, ou submersa na parte inferior do tanque de combustível.

Os selos de vedação entre a ventoinha e a seção de força da bomba evitam o vazamento de combustível ou vapores para dentro do motor elétrico. Caso algum líquido ou vapor passe através do selo, ele será ventilado para a atmosfera através de um dreno.

Como precaução adicional em bombas não submersas, é permitida a circulação de ar em volta do motor para remover os vapores perigosos de combustível.

Quando o combustível do tanque entra na bomba, uma ventoinha de alta velocidade arremessa o combustível em todas as direções. A alta velocidade rotacional turbilhona o combustível e produz uma ação centrífuga que separa o ar e o vapor do combustível antes de entrar na linha para o carburador. Isto resulta praticamente em um fornecimento de combustível livre de vapor para o carburador, e permite que o vapor separado suba através do tanque de combustível, escapando através dos suspiros do tanque.

Uma vez que a bomba do tipo centrífugo não é uma bomba de deslocamento positivo, nenhuma válvula de alívio é necessária.

Apesar da bomba centrífuga ser o tipo mais comum de bomba de recalque, ainda existem em serviço algumas bombas do tipo de aleita deslizante. Este tipo, também é acionado por um motor elétrico. Ao contrário do tipo centrífugo, ela não tem a vantagem da ação centrífuga para separar o vapor do combustível. Uma vez que é uma bomba de deslocamento positivo, ela deverá ter uma válvula de alívio para evitar a pressão excessiva. Sua construção e operação são idênticas ao da bomba acionada pelo motor.

### Bomba manual

A bomba manual é freqüentemente usada em aviões leves. Ela geralmente está localizada próximo a um outro componente do sistema de combustível, e é operada da cabine de comando por meio de controles adequados. Um diagrama de bomba manual é mostrado na figura 4-12.

Quando a alavanca fixada na lâmina central é operada, a baixa pressão criada na câmara abaixo da lâmina que está se deslocando para cima, permite que a pressão de entrada do combustível levante a válvula de aleita inferior, fazendo com que o combustível flua para o interior desta câmara. Ao mesmo tempo o combustível flui através de uma passagem perfurada para encher a câmara situada na parte superior da lâmina que está se deslocando para baixo. A medida que a lâmina se desloca para baixo, a válvula aleta fecha-se evitando que o combustível saia pela linha de entrada.

O combustível existente abaixo da lâmina que está se deslocando para baixo flui através da passagem para uma outra câmara e é descarregado através da válvula de aleta de saída para o carburador. O ciclo é repetido cada vez que a alavanca é movimentada em qualquer uma das direções.

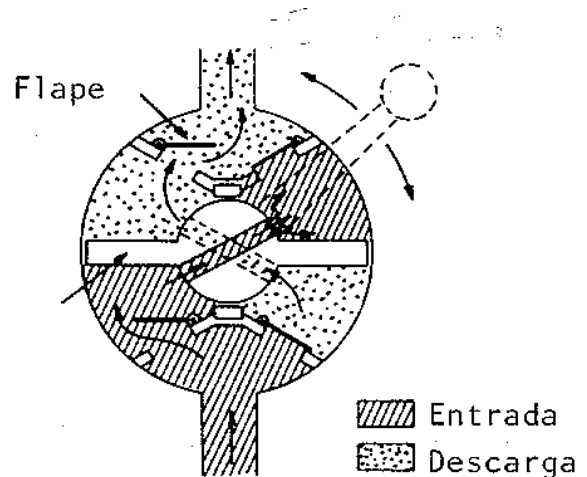


Figura4-12 Diagrama esquemático de uma bomba manual.

### Bomba de combustível acionada pelo motor

A finalidade da bomba de combustível acionada pelo motor, é a de fornecer um combustível na pressão adequada durante o tempo de operação do motor. A bomba mais usada atualmente, é a do tipo de aleitas rotativas e de deslocamento positivo. Um diagrama esquemático de uma bomba (tipo-aleita) acionada pelo motor é mostrado na figura 4-13.

Independente das variações de projetos,

o princípio de operação de todas as bombas de combustível tipo aleta é o mesmo.

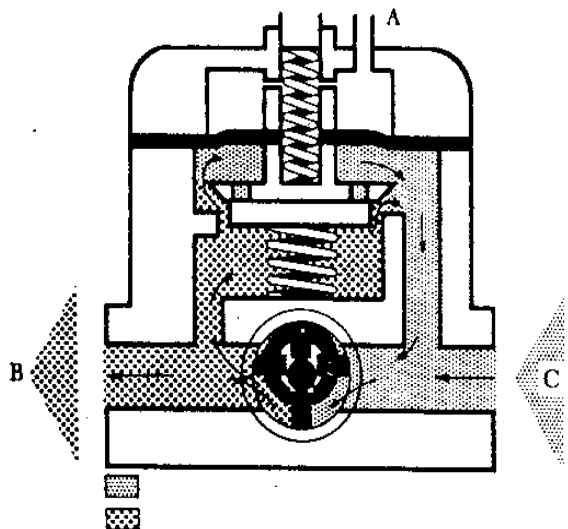
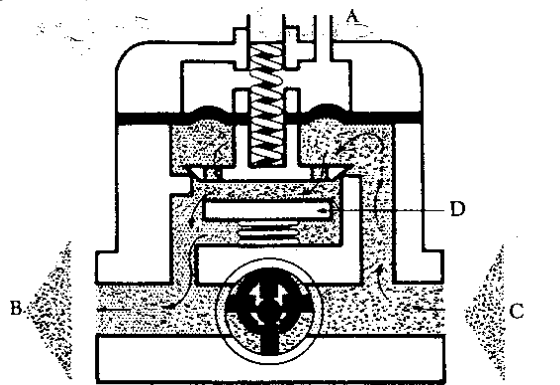


Figura 4-13 Bomba acionada pelo motor (pressão).



- Pressão da bomba de reforço
- |                             |                         |
|-----------------------------|-------------------------|
| A. Linha de equi-<br>líbrio | C. Entrada da<br>bomba  |
| B. Saída da bomba           | D. Válvula de<br>desvio |

Figura 4-14 Bomba acionada pelo motor (desvio).

A bomba acionada pelo motor normalmente é instalada na seção de acessórios do motor.

O rotor com as aletas deslizantes é acionado pelo eixo de manivelas através das engrenagens de acionamento dos acessórios. Notamos como as aletas levam o combustível da entrada para a saída quando o rotor gira na direção indicada.

Um selo evita o vazamento no ponto onde o eixo de acionamento entra no corpo da

bomba, e um dreno leva para fora qualquer combustível que vazar através do selo.

Uma vez que o combustível fornece uma lubrificação suficiente para a bomba, nenhuma lubrificação especial é necessária.

Quando a bomba de combustível acionada pelo motor normalmente descarrega mais combustível que o requerido pelo motor, haverá um meio de aliviar o excesso de combustível para evitar pressões na entrada de combustível do carburador. Isto é conseguido através do uso de uma válvula de alívio sob tensão de mola, que pode ser ajustada para fornecer o combustível na pressão recomendada para um carburador em particular.

A figura 4-13, mostra a válvula de alívio em operação, derivando o excesso de combustível para o lado de entrada da bomba. O ajuste de pressão é feito aumentando ou diminuindo a tensão da mola. A válvula de alívio de uma bomba acionada pelo motor é projetada para abrir a uma pressão ajustada, independente da pressão de combustível que esteja entrando na bomba.

Para manter a relação apropriada entre a pressão do combustível e a pressão de ar na entrada do carburador, a câmara sobre a válvula de alívio da bomba de combustível é ventilada para a atmosfera ou através de uma linha de balanceamento para a pressão de entrada de ar do carburador.

As pressões combinadas da tensão da mola, da atmosfera ou da pressão da entrada de ar do carburador, determinam a pressão absoluta na qual a válvula de alívio do tipo balanceada abre. Essas válvulas possuem certas características censuráveis que deverão ser investigadas quando falhas no sistema de combustível são encontradas. Uma falha do fole ou do diafragma permitirá que o ar entre no combustível, no lado de entrada da bomba, se a pressão da entrada do combustível for menor do que a atmosférica. Inversamente, se a pressão de entrada da bomba for maior que a pressão atmosférica, o combustível será descarregado pelo suspiro.

Para uma apropriada compensação de altitude, o suspiro deverá estar aberto. Caso ele seja obstruído por gelo ou material estranho, enquanto estiver em altitude, a pressão de combustível diminuirá durante a descida. Se o suspiro for obstruído durante a subida, a pressão

de combustível aumentará com o aumento de altitude.

Além da válvula de alívio, a bomba de combustível possui uma válvula de derivação (by-pass), que permite ao combustível fluir ao redor do rotor da bomba, sempre que a bomba estiver inoperante.

A válvula mostrada na figura 4-14, consiste de um disco que está levemente mantido por uma tensão de mola, contra uma série de portas na cabeça da válvula de alívio.

Quando o combustível é necessário para a partida do motor, ou no caso de falha da bomba acionada pelo motor, o combustível sob pressão da bomba de recalque é entregue na entrada da bomba de combustível. Quando a pressão for suficientemente alta para deslocar o disco de derivação de sua sede, o combustível será admitido no carburador para escorva ou medição.

Quando a bomba acionada pelo motor está em operação, a pressão eleva-se na saída da bomba, juntamente com a pressão da mola de derivação, mantendo o disco em sua sede, e evitando que o combustível flua através das portas.

## **Válvulas**

As válvulas seletoras são instaladas no sistema de combustível, para prover um meio de cortar o fluxo de combustível na seleção do tanque e motor, na alimentação cruzada, e na transferência de combustível.

O tamanho e número de portas (aberturas) varia com o tipo de instalação. Por exemplo, uma aeronave monomotor com dois tanques de combustível e uma reserva de alimentação de combustível, requer uma válvula com quatro portas, três entradas dos tanques e uma saída comum. A válvula deverá acomodar a capacidade total de fluxo da linha de combustível, não deverá vaziar e deverá operar livremente com um definido encaixe, quando na posição correta.

As válvulas seletoras poderão ser operadas manual ou eletricamente. Um tubo, haste ou cabo é ligado à válvula operada manualmente, de forma que possa ser operada da cabine de comando.

As válvulas, operadas eletricamente, possui um atuador ou motor. Os três tipos principais de válvulas seletoras são: corrediça, cônica e disco. A válvula seletora do tipo gatilho ("poppet") possuem uma válvula ("poppet") individual em cada porta de entrada.

Um ressalto e uma articulação no mesmo eixo agem para abrir a válvula selecionada, à medida que a articulação é girada.

A figura 4-15 mostra como o ressalto levanta a válvula gatilho superior de sua sede quando a alavanca de controle é selecionada para a posição de tanque nº 2, abrindo assim a passagem do tanque nº 2 para o motor.

Ao mesmo tempo, a parte elevada da placa de índice cai em uma ranhura no lado do ressalto (ver o detalhe do mecanismo do índice). Isto produz a sensibilidade que indica que a válvula está na posição totalmente aberta. A alavanca de controle deverá ser sempre comandada pelo "sentir", ao invés das marcas no dial indicador.

O mecanismo de índice também mantém a válvula na posição desejada e evita seu deslocamento causado pela vibração.

Algumas válvulas têm mais de uma parte elevada no ressalto, para permitir que duas ou mais portas sejam abertas ao mesmo tempo.

A válvula seletora tipo cone é metálica ou de carcaça de alumínio, com face de cortiça. O cone, que se ajusta dentro do alojamento, é girado por meio de um controle da cabine de comando.

Para um suprimento de combustível do tanque desejado, o controle na cabine de comando é girado até que as passagens dentro do cone estejam alinhadas com as portas correspondentes da carcaça.

Um mecanismo de indicação auxilia a obtenção do ajuste desejado e também segura o cone na posição selecionada.

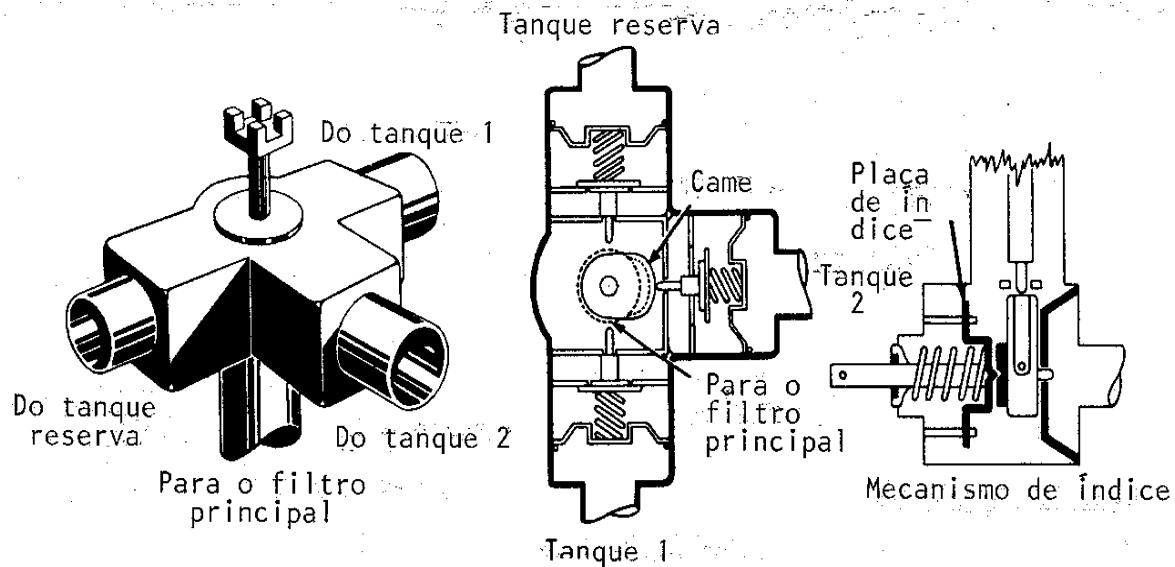


Figura 4-15 Válvula seletora tipo gatilho (poppet).

Algumas válvulas tipo cone possuem um mecanismo para aliviar a fricção, que reduz a quantidade de torque requerida para girar e fazer a seleção de tanque e, que pode ser ajustado para prevenir vazamentos.

O rotor da válvula seletora tipo disco, ajusta-se dentro de um furo cilíndrico no corpo da válvula.

A válvula tipo disco é mostrada na figura 4-16. Podemos notar que o rotor tem uma porta aberta e diversos discos de vedação, um para cada porta da carcaça.

Para selecionar um tanque, o rotor é girado até que a porta aberta alinhe com a porta de onde flui o combustível desejado. Ao mesmo tempo todas as outras portas estarão fechadas pelos discos de vedação. Nesta posição o combustível fluirá, vindo do tanque desejado para a válvula seletora, e sairá pela porta de saída para o motor, na parte de baixo da válvula.

Para assegurar um alinhamento positivo, a fim de se ter um total fluxo de combustível, um mecanismo de indicação, (mostrado no centro da figura 4-16) força uma esfera sob carga de mola dentro de um anel de catraca.

Quando a válvula seletora é comandada para a posição fechada, a porta aberta no motor fica coincidindo com a parede fechada do corpo da válvula, enquanto cada disco de vedação cobre uma porta do tanque.

As válvulas de corte dos tanques de combustível têm duas posições: aberta e fechada. Elas são instaladas no sistema para prevenir perda de combustível, quando um componente do sistema está sendo removido, ou quando uma parte do sistema está danificada.

Em algumas instalações, elas são usadas para controlar o fluxo de combustível durante a operação de transferência.

As válvulas de corte são operadas manual ou eletricamente. Uma válvula de corte de combustível operada eletricamente, inclui um motor elétrico reversível, articulado a um conjunto de válvula deslizante.

O motor move o portão da válvula para dentro e para fora da passagem, onde o combustível flui cortando ou abrindo o fluxo de combustível.

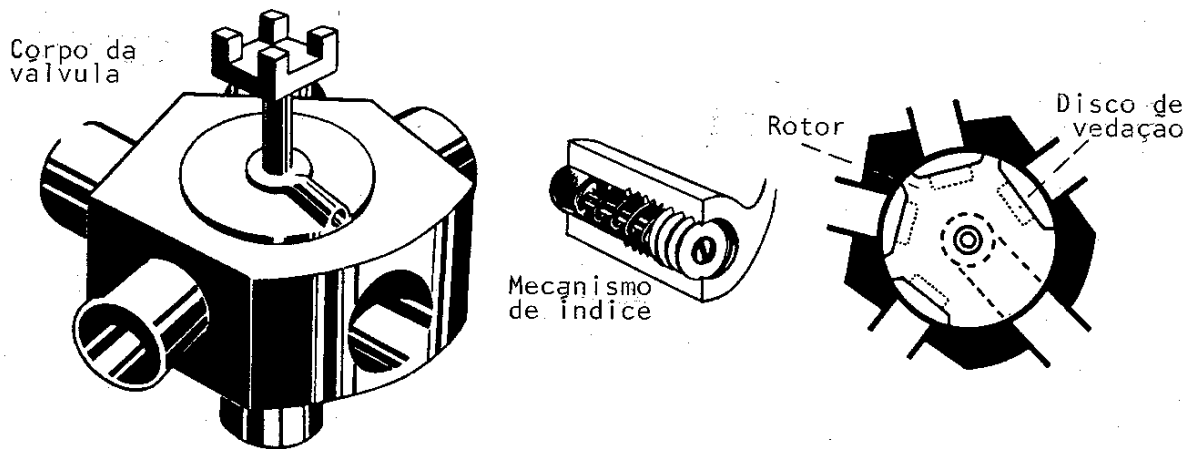


Figura 4-16 Válvula seletora tipo disco.

## INDICADORES DO SISTEMA DE COMBUSTÍVEL

### Indicadores de quantidade de combustível

Os indicadores de quantidade de combustível são necessários, para que o operador possa saber a quantidade de combustível remanescente nos tanques durante a operação da aeronave.

Os quatro tipos gerais de indicadores de combustível são: (1) visor de vidro; (2) mecânico; (3) elétrico; e (4) eletrônico. O tipo da instalação de indicação de combustível depende do tamanho da aeronave, do número e da localização dos tanques de combustível.

Uma vez que os indicadores de combustível, "visores de vidro" e "mecânicos", não são adequados para as aeronaves em que os tanques estão localizados, em uma distância apreciável da cabine de comando, as aeronaves maiores usam indicadores de quantidade de combustível elétricos ou eletrônicos.

Em algumas aeronaves, um indicador de combustível, chamado totalizador, indica a soma das quantidades totais de combustível remanescente em todos os tanques.

O visor de vidro é a forma mais simples de indicação de quantidade de combustível. O indicador é um tubo de vidro ou plástico, posicionado no mesmo nível com o tanque. Ele opera pelo princípio dos líquidos, de procurarem seu

próprio nível. O tubo é calibrado em galões ou possui uma escala metálica perto dele.

O visor de vidro pode ter uma válvula de corte, de forma que o combustível possa ser cortado para limpeza e para prevenir perda de combustível se o tubo estiver quebrado.

O indicador de quantidade de combustível do tipo mecânico, é usualmente localizado no tanque, e é conhecido como um indicador de leitura direta. Ele possui um indicador conectado a uma bóia flutuando na superfície do combustível.

Com as trocas de nível de combustível, a bóia mecanicamente opera o indicador, mostrando assim, o nível de combustível no tanque. Um tipo de indicador de combustível mecânico é ilustrado na figura 4-17.

O indicador de quantidade tipo elétrico, consiste de um indicador na cabine de comando e um transmissor operando por bóia, instalado no tanque. Com as trocas de nível de combustível, o transmissor envia um sinal elétrico para o indicador, que mostra as trocas do nível de combustível. Duas vantagens deste indicador de quantidade de combustível (e também do tipo eletrônico discutido no próximo parágrafo), são de que o indicador pode estar localizado em qualquer distância do tanque, e os níveis de combustível de vários tanques podem ser lidos em um único indicador.

O indicador de quantidade de combustível do tipo eletrônico (capacitância) difere do outro tipo por não possuir dispositivos móveis no tanque de combustível.

Ao invés de bóia e unidades mecânicas para o desempenho, as qualidades dielétricas do combustível e do ar fornecem uma medição da quantidade de combustível. Essencialmente, o transmissor do tanque é um simples condensador elétrico. O dielétrico (ou material não condutor) do condensador, é o combustível e o ar (vapor) acima do combustível.

A capacitância da unidade do tanque, a qualquer momento, dependerá da proporção de combustível existente e vapor no tanque. A capacitância do transmissor é comparada com um capacitor de referência com um circuito de rebalanceamento tipo ponte.

O sinal de desbalanceamento é amplificado pelos amplificadores de voltagem, que acionam a fase discriminativa do estágio de potência. O estágio de saída supre força para uma das fases do motor A.C. de duas fases que, mecanicamente, aciona um potenciômetro de rebalanceamento e o ponteiro indicador.

O sistema de medição de quantidade de combustível do tipo eletrônico, é mais preciso na medição do nível pelo fato de medir o combustível em peso, em vez de galões.

O volume de combustível variará com a temperatura (a gasolina pesa mais quando está fria do que quando está quente), desse modo, se a gasolina for medida em libras, em vez de galões, a medição será mais precisa.

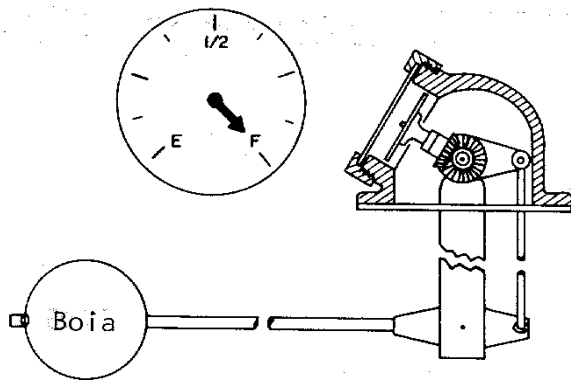


Figura 4-17 Indicador de nível do combustível tipo bóia.

Em adição ao sistema de indicação para a cabine de comando, algumas aeronaves são providas de um meio para determinar a quantidade de combustível em cada tanque quando ela está no solo. Isto é conseguido por vários métodos diferentes. Alguns fabricantes

usam indicadores operados por bóia, de leitura direta, montados na superfície inferior da asa.

Outros meios de indicação são por uso de baioneta (vareta) pela parte inferior da asa. Existem dois (2) tipos em uso, o de indicação por tubo ou vareta com escoamento (DRIP) e o de indicação por visor.

Quando é usada a indicação por tubo com escoamento (DRIP) é necessário proceder lentamente, usando o método por tentativa, para achar o nível exato de combustível.

Em tanques de áreas grandes, uma quantidade proporcional de combustível é representada por uma variação de fração de polegada no nível de combustível.

Uma vareta de tubo longo requer algum tempo para drenar, uma vez que elas estão cheias de combustível.

Um substancial erro na leitura pode ser feito se a drenagem do tubo for diminuindo, o que é errado em comparação com uma drenagem constante, que significa que o tubo está na posição correta.

Quando a tampa e o tubo de drenagem são projetados para serem distendidos na parte inferior da superfície da asa, o combustível entra pelo topo aberto do tubo, quando ele atinge o nível.

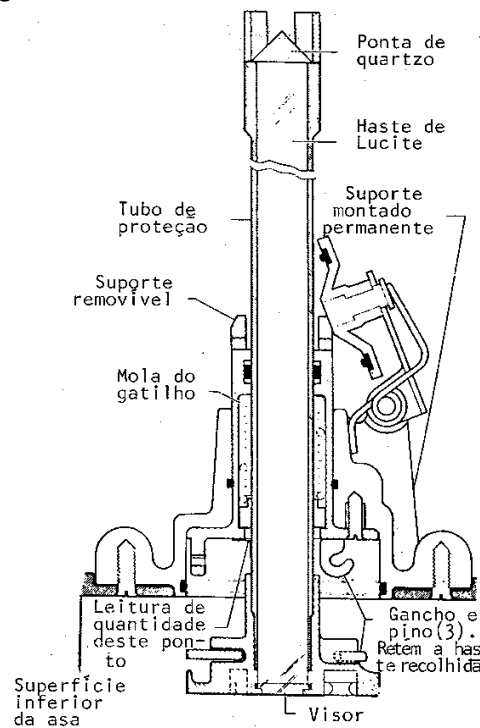


Figura 4-18 Visor sob a asa.

Como mencionado anteriormente, se a drenagem proveniente do furo do tubo for

constante, significa que o tubo está corretamente posicionado com o nível de combustível numa porção insignificante acima da abertura do tubo.

O tubo medidor, do tipo escoamento, pode ser calibrado em libras ou polegadas.

Quando calibrado em polegadas, a leitura é comparada com uma carta especial, que dá a leitura da quantidade de combustível em galões.

O indicador do tipo visor é de algum modo mais simples em construção do que o tipo tubo de escoamento, e oferece uma evidente leitura visual quando estiver corretamente posicionado.

Como mostra a figura 4-18, o indicador do tipo é basicamente uma haste longa de plástico "LUCITE", protegida por um tubo calibrado, o qual termina em seu topo com uma ponta de quartzo exposta. Quando a ponta estiver acima do combustível, ela atua como um refletor.

A transmissão de raios de luz para a parte de cima da haste de "LUCITE" são deflexionados em ângulos retos por uma superfície de 45° em um lado da ponta, e deflexionado 90° novamente pela superfície de 45° no lado oposto, retornando para baixo da haste de "LUCITE".

Qualquer porção da ponta, submergida no combustível, não atuará como refletor. Conseqüentemente, quando uma parte do nível de combustível estiver acima do cone, um fecho de luz é criado, sendo visível na extremidade inferior da haste de "LUCITE", e que tem as dimensões e a forma produzidas pela interseção da ponta e o combustível.

Quando a luz refletida é reduzida ao menor ponto perceptível, no caso dos indicadores tipo cone ou de fio capilar com ponta cônica esculpida, a haste estará devidamente posicionada. A quantidade de

combustível no tanque pode ser lida no tubo, onde ele sai da guia de seu alojamento. As leituras dos indicadores do tipo de escoamento são feitas, também, nesta localização.

## Medidores de fluxo de combustível

Os medidores de fluxo de combustível são, normalmente, usados somente em aeronaves multimotoras.

O sistema consiste de um transmissor e um indicador. O transmissor é instalado na linha de entrada de combustível para o motor, onde é medida a razão do fluxo de combustível. O transmissor é eletricamente conectado ao indicador, localizado na cabine de comando.

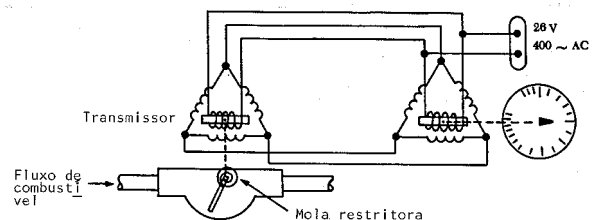


Figura 4-19 Sistema medidor de fluxo tipo palheta.

Este instrumento mostra a razão de consumo de combustível, em libras por hora.

O sinal do transmissor, pode ser produzido por uma aleta móvel, montada na linha de fluxo do combustível. O impacto do combustível faz a aleta mover-se contra a força de restrição de uma mola calibrada.

A posição final assumida pela aleta representa a medida da razão, na qual o combustível está passando através do medidor de fluxo e o sinal correspondente que será enviado ao indicador. Um sistema medidor de fluxo do tipo aleta é ilustrado na figura 4-19.

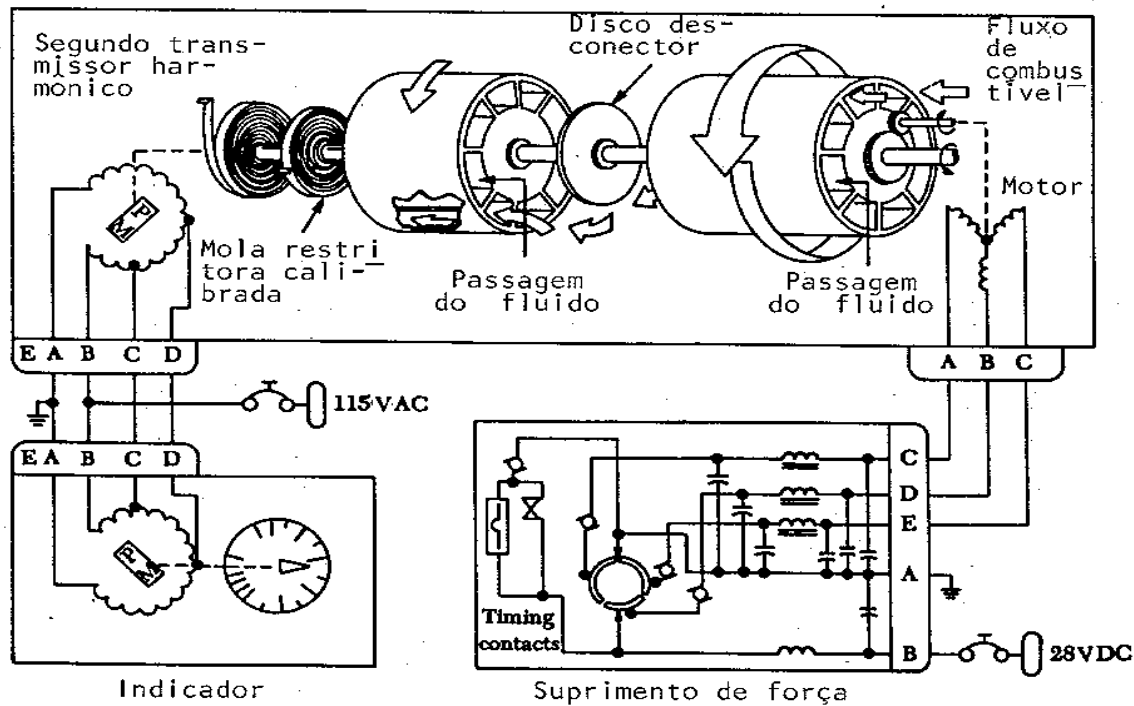


Figura 4-20 Esquema de um sistema indicador de fluxo de motor a turbina.

O transmissor usado nos motores à turbina é do tipo fluxo de massa, tendo uma faixa de 500 a 2500 libras por hora. Ele consiste de dois (2) cilindros colocados na corrente de combustível, de maneira que a direção do fluxo de combustível fique paralela aos eixos dos cilindros (ver figura 4-20). Os cilindros possuem pequenas aletas na periferia externa.

O cilindro contra a corrente chamado de "impelidor", é comandado a uma velocidade angular constante, pelo suprimento de força. Esta velocidade impõe um momento angular ao combustível.

O combustível, por sua vez, transmite esta velocidade angular para a turbina (cilindro a favor da corrente), ocasionando a rotação da turbina até que a força da mola de restrição balanceie a força, devido o movimento angular do combustível. A deflexão da turbina posiciona um magneto no segundo transmissor harmônico, para a posição correspondente ao fluxo de combustível. A posição da turbina é transmitida para o indicador na estação de vôo, por meio de um sistema "selsyn".

### Indicador de pressão do combustível

É um instrumento que indica a pressão do combustível que entra no carburador. Este

indicador pode ser incluído com o indicador de pressão de óleo e o indicador de temperatura de óleo, em uma caixa chamada de unidade indicadora do motor.

A maioria das aeronaves, atualmente, possuem indicadores separados para estas funções. Uma unidade de indicação do motor, é mostrada na figura 4-21.

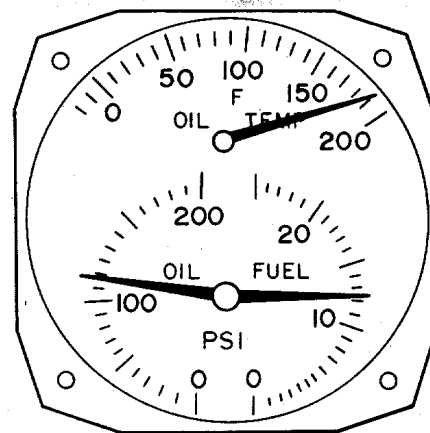


Figura 4-21 Indicador do motor.

O indicador de pressão do combustível, é um indicador de pressão diferencial, com duas (2) conexões na parte traseira do alojamento do indicador.



A conexão de ar, (ver figura 4-22) é ventilada para a entrada de ar do carburador, e a conexão de combustível é acoplada à câmara de entrada de combustível do carburador. Desta forma o indicador indica a diferença entre a pressão do combustível na entrada do carburador e a pressão de ar na entrada de ar do carburador.

Em algumas instalações, o acoplamento de ar no indicador é deixado aberto para comunicar-se com a pressão da cabine de comando, a qual geralmente é a mesma que a pressão atmosférica.

Quando este arranjo de ventilação é usado, a válvula de alívio da bomba de combustível do motor também é ventilada para a atmosfera, e o indicador indica a pressão de combustível, resultante somente da pressão ajustada de uma mola.

No interesse de amortecer as pulsações da pressão que causam a flutuação do ponteiro, é instalado um restritor (A) no carburador, na extremidade da linha do indicador de combustível (ver a conexão Y mostrada da figura 4-22). O segundo restritor (B) mede o combustível para o sistema de óleo, durante a diluição de óleo.

A disposição destes restritores fornece a indicação da queda na pressão de combustível, quando é usado o sistema de diluição de óleo.

O sistema de diluição de óleo será discutido detalhadamente no manual do grupo motopropulsor, e, é mencionado neste capítulo somente por causa do indicador de pressão de combustível, que fornece um meio para a verificação da operação das outras unidades do sistema de combustível.

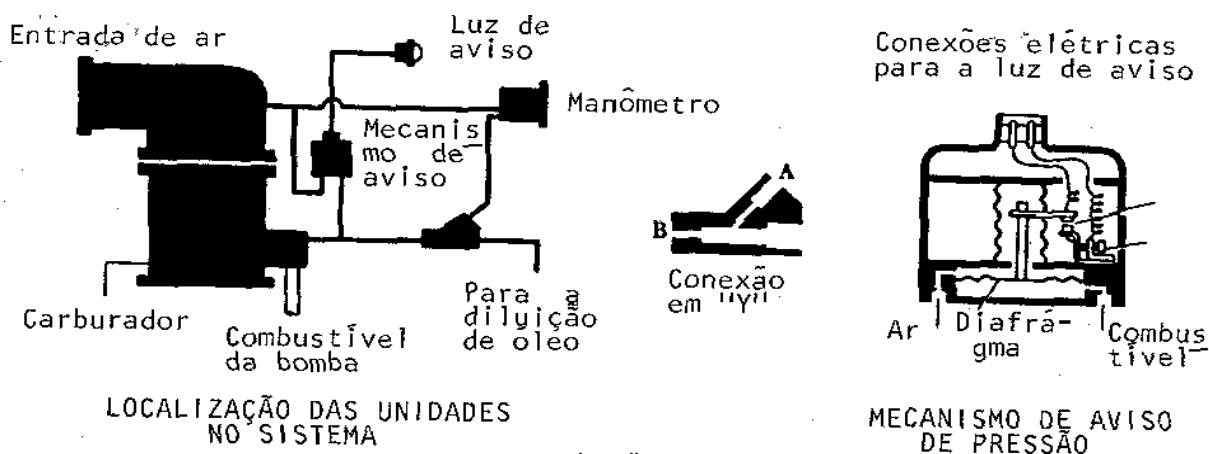


Figura 4-22 Sistema de indicação de pressão de combustível.

Em aeronaves de pequeno porte, o indicador de pressão de combustível pode ser atuado por um tubo Bourdon (um instrumento que converte as mudanças da pressão em movimento mecânico), ou um aneróide do tipo fole, instalado com uma linha de pressão, orientada diretamente, do carburador ao indicador.

Em aeronaves de grande porte, onde um instrumento de pressão de combustível está localizado a alguma distância do carburador, um transmissor é usualmente instalado.

O transmissor de pressão pode ser uma célula simples de metal fundido que é dividida em duas câmaras por um diafragma flexível. A pressão aplicada pela fonte de pressão de combustível à entrada do transmissor, desloca

para cima o diafragma, elevando-o à uma pressão igual a de um fluido fino (querosene altamente refinado), o qual transfere a pressão ao mecanismo indicador. Algumas instalações, contudo, usam transmissores elétricos para registrar pressão de combustível no indicador.

Nesta instalação elétrica, a unidade indicadora de pressão está contida no transmissor. A pressão de combustível, atuando sobre o aneróide e o fole da unidade, provoca o movimento de uma parte da unidade elétrica (o transmissor síncrono).

Quando a unidade gira, ele ocasiona um movimento similar em uma unidade correspondente (o motor síncrono).

Esta unidade receptora atua o indicador no painel de instrumentos. Esta pressão e a

instalação elétrica tornam desnecessária a chegada do combustível até a cabine de comando, reduzindo, portanto, o risco de fogo.

Um indicador de pressão de combustível, usualmente utilizado com sistema de injeção de combustível em motores de aviões leves, é ilustrado na figura 4-23.

Um indicador deste tipo registra a pressão de combustível medida na válvula distribuidora da unidade de injeção de combustível, e é uma indicação direta da entrega de potência do motor, quando instalada no sistema de injeção de combustível para motores de aeronaves leves. O dial do indicador é graduado para indicar porcentagem de potência. O indicador não indica a pressão da bomba comandada pelo motor ou da bomba de reforço.

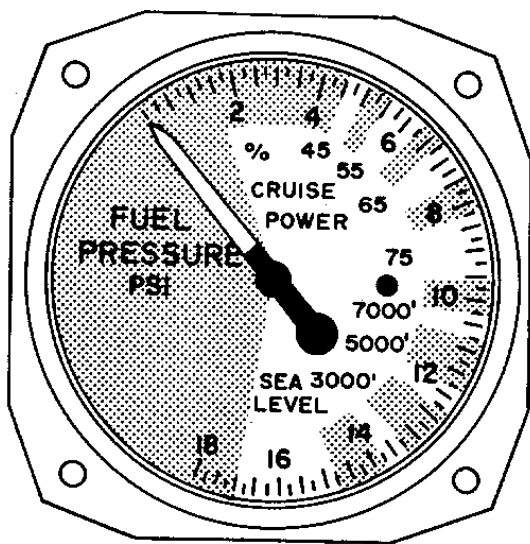


Figura 4-23 Indicador de pressão do combustível para o sistema de injeção.

### Sinal de aviso de pressão

Em uma aeronave com vários tanques, existe sempre a possibilidade de perigo, de permitir que o suprimento de combustível de um tanque venha a esgotar-se antes da válvula seletora ser ligada para outro. Para prevenir isto, sinais de aviso de pressão são instalados em algumas aeronaves.

A instalação completa mostrada na figura 4-22, consiste de um mecanismo sensível à pressão e uma luz de aviso. O mecanismo de aviso possui ambas conexões, a do combustível e a do ar. A conexão marcada "FUEL" é conectada à linha de pressão de combustível do

carburador, e a conexão "AIR" é ventilada para a pressão atmosférica ou para a pressão de entrada de ar do carburador. Esta disposição previne o mecanismo de aviso de atuar em resposta às mudanças da pressão absoluta do combustível.

Se, por exemplo, a pressão absoluta do combustível diminuir por causa de uma mudança na pressão atmosférica ou na pressão da entrada de ar do carburador, a mudança é também refletida no mecanismo de aviso, que, depois, cancela os efeitos da mudança.

A pressão normal de combustível, atuando sobre a superfície de força do diafragma, mantém os contatos elétricos afastados. Quando a pressão do combustível cair abaixo dos limites especificados, os contatos fecham e a luz de aviso é iluminada. Isto alerta o operador a tomar a ação necessária para reforçar a pressão do combustível.

### Luzes indicadoras de válvula em trânsito

Em aeronaves grandes, multimotoras, as válvulas de cada linha de combustível e de alimentação cruzada, podem ser providas com uma luz indicadora de válvula em trânsito. Esta luz estará acesa somente durante o tempo em que a válvula estiver em movimento, e apagará quando o movimento for completado.

### Indicador de temperatura de combustível

Em algumas aeronaves movidas a turbina, é provido um meio para verificação da temperatura do combustível nos tanques e no motor.

Em condições de temperaturas baixas, especialmente em altitudes, o indicador pode ser checado para determinar quando a temperatura do combustível está se aproximando daquelas que podem ser perigosas, por causa da formação de cristais de gelo no combustível.

## SISTEMAS DE COMBUSTÍVEL PARA MULTIMOTORES

O projeto do sistema de combustível, para uma aeronave que tenha dois ou mais motores, apresenta problemas que não são normalmente encontrados em sistemas de combustível para monomotores.

Um grande número de tanques são comumente requeridos para transportar o combustível necessário. Estes tanques podem estar localizados em partes da aeronave, amplamente separadas, tais como a fuselagem e as seções interna e externa das asas.

Sistemas de combustível para um motor individual, poderá ser interconectado, de tal modo que o combustível possa ser alimentado de vários tanques à qualquer motor.

Em caso de falha do motor, o combustível normalmente fornecido ao motor inoperante, poderá ficar disponível para os outros.

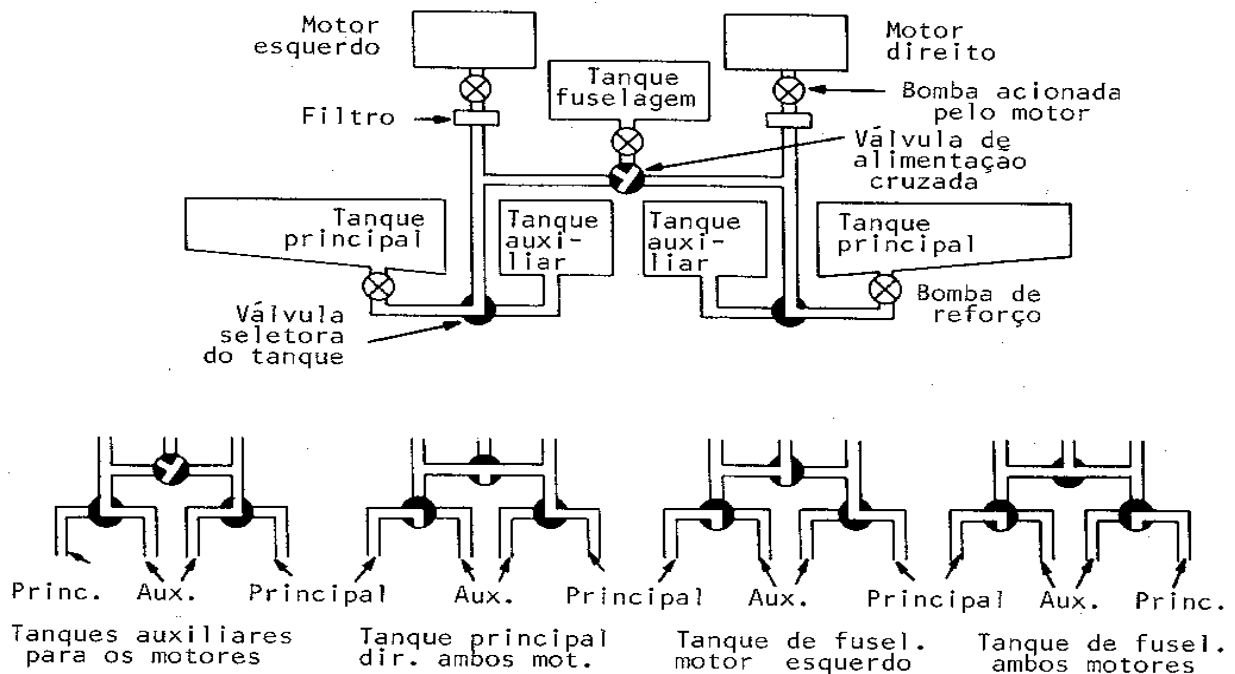


Figura 4-24 Sistema de alimentação cruzada de um bimotor.

### Sistema de alimentação cruzada

O sistema de combustível para um bimotor ilustrado na figura 4-24 é do tipo simples de alimentação cruzada.

Como é mostrado, as válvulas seletoras do tanque são as que suprem alimentação do combustível dos tanques principais aos motores. Essas válvulas também podem ser posicionadas para alimentar combustível dos tanques auxiliares.

A válvula de alimentação cruzada (cross feed) é mostrada na posição fechada. Ela também pode ser ajustada para alimentar combustível do tanque da fuselagem a um ou outro, ou a ambos os motores em alimentação cruzada.

Um número pequeno de combinações, na qual as três (3) válvulas podem ser ajustadas, também está ilustrado.

### Sistema de distribuição de combustível

A principal característica de um sistema para quadrimotor, mostrado na figura 4-25 é a

distribuição de combustível. Este sistema de distribuição de combustível é uma variação do sistema de alimentação cruzada.

Como é mostrado na figura, o combustível está sendo alimentado dos tanques principais diretamente aos motores. As válvulas de distribuição também podem ser ajustadas, de modo que todos os tanques alimentem a linha distribuidora e cada motor receba o combustível desta linha.

A alimentação auxiliar de combustível pode ser entregue aos motores somente através da linha distribuidora. A principal vantagem deste sistema, é sua flexibilidade de seleção. Se um motor falhar, o combustível destinado a ele estará imediatamente disponível para os outros motores.

Um tanque, se é danificado, o motor correspondente pode ser alimentado com combustível proveniente da linha distribuidora.

Outra vantagem deste sistema, é que todos os tanques de combustível podem ser reabastecidos ao mesmo tempo, através de uma conexão simples da linha de distribuição. Este

método de reabastecimento de combustível, tem reduzido grandemente o tempo de reabastecimento em aeronaves de grande porte,

porque o combustível pode ser introduzido na linha distribuidora, sob alta pressão.

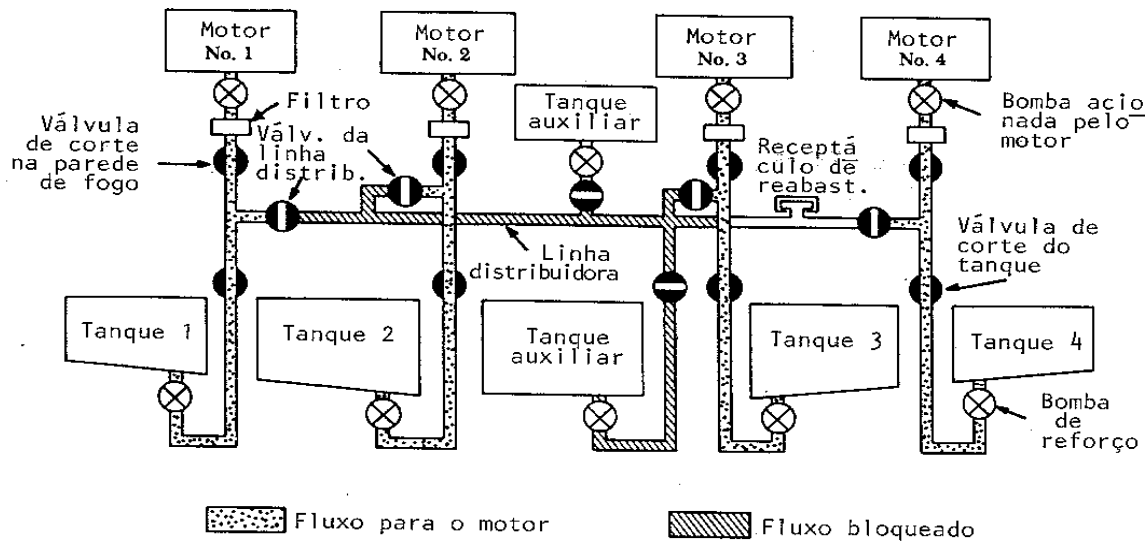


Figura 4-25 Sistema típico de alimentação cruzada.

### Sistemas de alijamento de combustível

Um sistema de alijamento de combustível, é necessário para aviões da categoria de transporte, quando o peso máximo de decolagem for maior do que o peso máximo de pouso.

Esse sistema é de emergência, permitindo que a tripulação de vôo reduza rapidamente o peso do avião ao peso máximo de pouso. O sistema de alijamento de combustível é usualmente dividido em dois sistemas separados e independentes, um para cada asa, para que a estabilidade lateral possa ser mantida pelo alijamento de combustível da asa pesada, se for necessário fazê-lo.

Normalmente, se uma carga desbalanceada de combustível existir, o combustível será usado da asa pesada para alimentar os motores na asa oposta.

O sistema consiste de linhas, válvulas, bocal de alijamento, e mecanismo de operação dos bocais.

Cada asa contém um bocal de alijamento, fixa ou extensível, dependendo do sistema projetado. Em um ou outro caso, o combustível deverá ser descarregado livremente da aeronave.

### ANÁLISES E PESQUISA DE FALHAS DO SISTEMA DE COMBUSTÍVEL

No sentido de nos tornar-mos eficiente na arte de analisar e pesquisarmos devemos estar familiarizados com o sistema completo.

Para fazê-lo nos familiarizamos com os esquemas das várias partes do sistema, a nomenclatura das unidades e sua particular função dentro do sistema, estudando os manuais de manutenção da aeronave e motor.

### Localização de vazamentos e defeitos

A localização de vazamentos e defeitos das partes internas do sistema de combustível, usualmente, depende da observação do indicador de pressão e operação de válvulas seletoras para determinar onde a pane existe. Análises e pesquisas de falhas internas do sistema de combustível podem ser auxiliados pela visualização das vias de fluxo de combustível, do tanque ao dispositivo medidor de quantidade notando a localização da(s) bomba(s), válvulas seletoras, válvulas de corte de emergência, etc.

A localização de vazamentos ou defeitos nas partes externas do sistema de combustível, requer muito pouco tempo em comparação com a localização de vazamentos internos do sistema. Usualmente vazamentos de combustível são evidenciados por manchas ou pontos molhados (se eles forem recentemente desenvolvidos) e pela presença do odor de combustível.

As tubulações, braçadeiras, juntas, suportes, etc., deverão ser examinados cuidadosamente em cada período de inspeção. Qualquer vazamento ou defeito interno ou externo do sistema de combustível é um potencial de perigo.

### **Reposição de juntas, selos e gaxetas**

No sentido de prevenir vazamentos de combustível, é da maior importância que todas as juntas, selos e gaxetas sejam apropriadamente instaladas.

Os itens a seguir são algumas das precauções gerais que deverão ser sempre observadas.

Quando substituindo unidades do sistema de combustível, é necessário verificar cada parte, quanto a limpeza, assegurar-se que todo o material da junta velha seja removido, e assegurar-se de que nada do selo velho permaneça na cavidade adequada. Substituímos sempre as juntas e selos velhos por outros novos, e verificamos as juntas e selos novos quanto a limpeza e estado, assegurando uma área em ordem para o trabalho.

As superfícies de contato deverão estar perfeitamente planas, para que a junta possa cumprir a função para qual foi projetada. Parafusos, porcas e prisioneiros que mantêm as unidades juntas, deverão estar plenamente apertados ou ajustados para prevenir vazamentos através das juntas ou selos.

## **REPAROS NOS TANQUES DE COMBUSTÍVEL**

Existem três tipos básicos de tanques de combustível: de chapa de metal soldada, o integral e a célula de borracha.

A inspeção do alojamento dos tanques de combustível, ou a estrutura da aeronave quanto a evidência de vazamentos de combustível, é uma das mais importantes partes da inspeção antes do voo.

### **Tanques de aço soldado**

Os tanques soldados são mais comuns nas pequenas aeronaves monomotoras ou bimotoras. Se os painéis de acesso ao compartimento do tanque estiverem descoloridos, o tanque deverá ser inspecionado

quanto a vazamentos. Quando os vazamentos fore encontrados, o tanque deverá ser drenado e neutralizado. O combustível deve ser drenado de acordo com as instruções locais e as recomendações do fabricante.

A neutralização do tanque pode ser executada pela descarga lenta de uma garrafa de extintor de fogo de CO<sup>2</sup> (no mínimo, 5 lbs de tamanho) dentro do tanque.

Nitrogênio seco pode ser usado se estiver disponível. Caso o tanque tenha que ser soldado, é necessário removê-lo.

Antes da soldagem, o tanque deverá ser ventilado por um mínimo de oito horas. Isto é para remover todos os vestígios de combustível. A pressão de ar para detectar a área do vazamento, não deve ser superior a ½ libra por polegada quadrada.

Sabão líquido ou uma solução de espuma pincelada sobre a área suspeita, poderá identificar o vazamento.

Os tanques de alumínio são fabricados de ligas soldáveis. Após a rebitagem dos remendos, os rebites podem ser soldados para nos assegurarmos de que não haverá vazamento naquela área.

Uma checagem de pressão deverá ser executada após feito o reparo, para nos certificarmos de que todos os vazamentos foram corrigidos.

### **Tanques de células de borracha**

Os vazamentos nas células de combustível, normalmente aparecem na parte inferior do revestimento das aeronaves. Uma mancha de combustível em qualquer área deverá ser imediatamente investigada.

As células suspeitas de vazamentos devem ser drenadas, removidas da aeronave e checadas por pressão. Quando executando uma checagem de pressão, ¼ ou ½ p.s.i será o mais adequado.

Toda a manutenção das células deve ser executada, de acordo com as especificações do fabricante.

### **Tanques integrais**

O tanque integral é uma parte fixa da aeronave. Devido a natureza do tanque integral, alguns vazamentos permitem que o combustível escape diretamente para a atmosfera. Isto torna

possível considerar desprezível um pequeno vazamento que não represente perigo de fogo nem uma grande perda de combustível.

Para padronizar os procedimentos na manutenção dos tanques integrais, são classificados vários tipos de vazamentos de combustível.

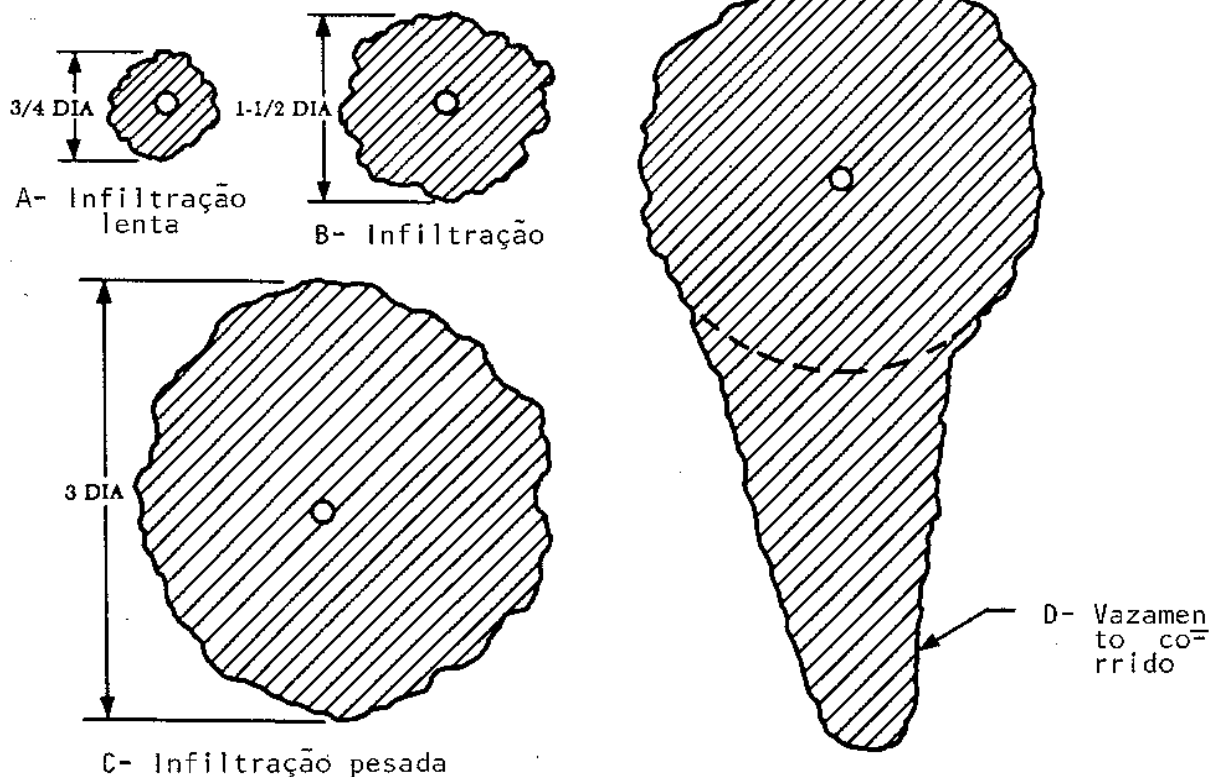


Figura 4-26 Classificação de vazamentos de combustível.

Limpamos a área do vazamento com um pano de algodão limpo, até a secagem total. Ar comprimido pode também ser usado para secar áreas difíceis. Devemos usar óculos de proteção quando utilizarmos ar comprimido na secagem. Pulverizamos a área com talco vermelho para tornar a mancha mais visível.

Após 30 minutos, cada vazamento será classificado dentro de uma das quatro classes: infiltração lenta, infiltração, infiltração pesada, ou vazamento corrido. As quatro classes de vazamento estão mostradas na figura 4-26. Uma infiltração lenta (slow seep) é um vazamento que molha uma área em torno da fonte do vazamento, menor do que 3/4 de uma polegada, em diâmetro.

Uma infiltração (seep) é um vazamento que molha uma área de 3/4 da polegada a 1 1/2 polegada em diâmetro. Uma infiltração pesada

## Classificação dos vazamentos de combustível

A medida da área, que um vazamento de combustível umedece em um período de 30 minutos, é usada como classificação padrão.

(heavy seep) é um vazamento de combustível, que molha uma área em torno de uma fonte de vazamento, de 1 1/2 polegada a 3 polegadas de diâmetro. Em nenhuma dessas três classificações o combustível escorre, flui, pinga ou se assemelha a qualquer uma dessas condições após um período de 30 minutos.

A última classificação, o vazamento corrido (running leak), é o mais severo e o mais perigoso. Ele pode pingar da superfície da aeronave, escorrer nas superfícies verticais, ou pode até escorrer o no dedo quando toca na área molhada. A aeronave está indisponível para o vôo e deverá permanecer no solo para reparo.

Quando possível, o combustível do tanque com vazamento deve ser removido, após a marca da localização do vazamento. Se for impossível remover o combustível imediatamente, a aeronave deverá ser isolada

em uma área pré-determinada. Colocamos os sinais de aviso apropriados em torno da aeronave, até que o pessoal qualificado remova o combustível do tanque avariado.

A indisponibilidade da aeronave por infiltração lenta, infiltração e infiltração pesada, é determinada pelo manual da aeronave. Esta determinação pode depender da localização do vazamento. Por exemplo, pode o vazamento progredir para uma potencial fonte de fogo? O número de vazamentos em uma determinada área é também um fator contribuinte. Não há uma regra exata para determinar que a aeronave fique indisponível. O vazamento corrido torna a aeronave indisponível, independente da localização.

Podemos ter que lançar no relatório da aeronave, e periodicamente observarmos o progresso do vazamento para determinar se a aeronave estará disponível ou se deverá ser reparada. Quando for necessário o reparo, devemos descobrir a causa do vazamento e efetuar um reparo eficaz.

### **Reparos de vazamentos**

Os reparos de vazamentos, em tanques integrais, devem ser executados de acordo com as determinações do fabricante da aeronave, não sendo, por isso, discutidos neste Manual.

### **Seguranças contra fogo**

O primeiro e mais difícil item na execução da segurança contra fogo, é corrigir o errado conceito sobre a segurança do combustível para turbinas. Logo que esse combustível foi introduzido, muita gente dizia que: “os problemas de fogo em aeronaves estão ultrapassados, o combustível para turbinas é completamente seguro”. Isto obviamente é uma tolice, uma tolice persistente.

O pessoal da linha de vôo está de acordo que a gasolina queima, e, portanto, eles têm exercido razoável cuidado e cautela no seu manuseio. No entanto, eles têm tido dificuldade de serem convencidos de que, sob certas

circunstâncias, o combustível para turbinas é exatamente tão perigoso sob o ponto de vista de fogo.

As características do combustível para turbinas são diferentes daquelas da gasolina.

O querosene, por exemplo, tem uma baixa propagação de chama e da razão de queima, que o torna menos perigoso no caso de um derramamento ou de um acidente no solo. Entretanto, ele se inflama rapidamente quando vaporizado, ou quando pulverizado através de um pequeno vazamento em uma tubulação.

Uma desvantagem dos combustíveis de baixa volatilidade é que eles não evaporam rápida e completamente se derramados na pista, quando um tratamento especial da área é requerido. Pequenas poças de querosene deverão ser removidas com agentes de limpeza absorventes. Nos grandes derramamentos, o melhor é aplicar um emulsificador aprovado e em seguida lavar a mistura resultante com um grande volume de água. Isto evitará ou reduzirá apreciavelmente qualquer resíduo de óleo.

Exatamente como com a gasolina, uma carga eletrostática pode ser formada no bombeamento do combustível através de uma tubulação do sistema.

De fato, a quantidade de carga é maior no querosene por causa do maior peso específico e da extensa gama do ponto de ebulição. A quantidade de carga também aumenta com a alta razão linear do fluxo de combustível, semelhante ao requerido para o reabastecimento de uma aeronave com motor a turbina.

Em consequência, todas as precauções de segurança contra fogo, observadas durante o manuseio da gasolina, devem ser seguidas com igual cuidado quando manuseando com o combustível para turbinas.

Essas precauções são bastante conhecidas e estão detalhadas no boletim nº 47 da National Fire Protection Association. É recomendado que este boletim seja do conhecimento de todo pessoal que manuseia com combustível para turbinas.