



Querosene de Aviação

*Informações
Técnicas*

**Assistência
Técnica**



A Assistência Técnica Petrobras tem por objetivo prestar suporte técnico aos clientes, com foco na adequação ao uso e corretos manuseio, condicionamento e armazenagem dos produtos comercializados pela Companhia.

O Programa conta com polos de atendimento por todo o Brasil onde gestores locais, estão preparados para atender às demandas dos clientes.

Adicionalmente, o atendimento é reforçado pela divulgação de informações técnicas a respeito dos produtos da Petrobras tanto em nível local como institucional.

A publicação de manuais técnicos integra essa iniciativa.

1. Definição e composição	4
2. Tipos de QAV	4
3. Motor Aeronáutico	4
3.1. Funcionamento básico de um Motor Aeronáutico	4
4. Requisitos de Qualidade	5
4.1. Principais Características de Qualidade do QAV	5
4.1.1. Escoamento a baixa temperatura	5
4.1.2. Estabilidade térmica	6
4.1.3. Combustão	6
4.1.4. Corrosividade e Dissolução de Elastômeros	6
4.1.5. Contaminantes	6
4.1.6. Segurança	6
4.1.7. Especificação ANP de QAV	7
5. Produção	9
6. Cuidados para manutenção da qualidade	9
7. Aspectos de segurança, meio ambiente e saúde	10
8. Informações adicionais	10
9. Referências bibliográficas	10

Versão 1.3

Elaborada em: 24/09/2014

Este material é sujeito a atualizações sem aviso prévio. A última versão está disponível no endereço:
<http://www.petrobras.com.br/minisite/assistenciatecnica/>

1. DEFINIÇÃO E COMPOSIÇÃO

O combustível querosene de aviação (QAV) é um derivado de petróleo obtido por destilação direta com faixa de temperatura de 150 a 300°C. É constituído por hidrocarbonetos com número de átomos de carbono variando de 9 a 15, com a estrutura dos compostos orgânicos classificados como parafínicos e aromáticos.

2. TIPOS DE QAV

Existem dois tipos de querosene de aviação produzido e comercializado no Brasil: o de uso para aviação civil, conhecido pela sigla QAV-1, e o de uso militar, conhecido pela sigla QAV-5. A diferença básica entre esses dois tipos de combustíveis está na maior restrição com relação à presença

de compostos leves de forma a garantir a segurança no manuseio e na estocagem do produto em embarcações.

Para que esse derivado de petróleo apresente características adequadas à geração de energia para motores de turbina a gás, diversos critérios físico-químicos são requeridos durante a sua produção, que incluem desde fluidez (escoamento), estabilidade (estocagem) até a adequada combustão para esses motores.

3. MOTOR AERONÁUTICO

Os motores aeronáuticos são projetados para utilizar a expansão do ar e dos gases de combustão produzidas pela queima do querosene de aviação como força motriz.

Existem três tipos de motores aeronáuticos: TURBOJET, TURBOPROP e TURBOFAN, que tem como diferença básica o tipo de acionador para geração do empuxo:

a) TURBOJET: a energia gerada pelos gases de exaustão é otimizada de forma que o empuxo seja 100% devido à saída dos gases pela parte posterior da turbina. Parte da energia gerada pelos gases é utilizada internamente para mover a turbina, o compressor entre outros equipamentos. Exemplo:

de compostos leves de forma a garantir a segurança no manuseio e na estocagem do produto em embarcações.

No Brasil, a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) é o órgão regulador responsável pela especificação desses combustíveis.

aviões militares, caças entre outros.

b) TURBOPROP: 90% do empuxo é proveniente da energia mecânica fornecida pela hélice e os outros 10% do empuxo vem da descarga dos gases. “Prop” é uma abreviatura da palavra inglesa propeler, que significa hélice. Por exemplo, as aeronaves turbo-hélice.

c) TURBOFAN: as mais utilizadas atualmente na aviação comercial, com melhor rendimento e economia de combustível, onde cerca de 80% do empuxo é proveniente da energia mecânica do FAN (“hélice” visível na entrada da turbina) e cerca de 20% do empuxo vem da descarga dos gases.

3.1. FUNCIONAMENTO BÁSICO DE UM MOTOR AERONÁUTICO

O motor aeronáutico tem como principais componentes o fan, o compressor, o combustor e as turbinas de alta e baixa pressão, conforme esquema apresentado na figura 1.

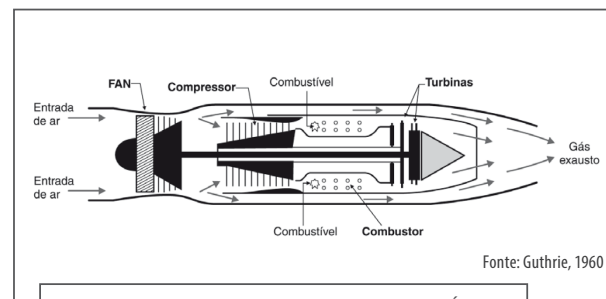
Em linhas gerais, o funcionamento do motor aeronáutico ocorre basicamente em quatro etapas:

Partida de uma unidade auxiliar pneumática para geração de pressão para acionamento do fan. Quando rotação do fan atinge a taxa de compressão de 60% da sua capacidade, a unidade auxiliar deixa de atuar.

- O ar succionado da atmosfera pelo fan é comprimido para o compressor, numa relação de 80% passando externamente ao compressor e 20% do ar induzido comprimido e canalizado para câmara de combustão;
- A expansão dos gases produzidos na câmara de com-

bustão irão rotacionar a turbina de alta e baixa pressão;

- Esse ar aquecido e os gases da combustão produzem a energia mecânica que é transmitida ao eixo da turbina que se encontra acoplada ao compressor;



Fonte: Guthrie, 1960

FIGURA 1 – ESQUEMA GERAL DO MOTOR AERONÁUTICO

• A mistura de gases produzidos pela combustão é, então, descarregada para a atmosfera movimentando a aeronave (figura 2).

Há um sistema eletrônico de gerenciamento da turbina que controla o funcionamento de todo o conjunto motor, incluindo o fluxo de combustível e o fluxo de ar no compressor. O QAV passa ainda por um trocador de calor, cuja função é a de resfriar o óleo lubrificante.

A condição de maior consumo de combustível de uma turbina ocorre durante a decolagem da aeronave, com sua redução para cerca de dois terços durante o regime de cruzeiro. Durante a descida e pouso da aeronave o consumo é menor do que no regime de cruzeiro.

No motor aeronáutico, a relação de 80%/20% refere-se à quantidade de ar que passa externamente e internamente no compressor. Durante a subida, onde o motor exige maior potência o volume de ar referente aos 20% será maior do que em cruzeiro para permitir a adequada queima do maior volume de combustível.

Motor em decolagem trabalha com até 105% de empuxo da capacidade máxima de projeto, consumindo o que foi projetado em 100% de volume de combustível.

Como exemplo, uma aeronave de cerca de 80 toneladas, consome, em regime de cruzeiro, aproximadamente 1.500 kg/h de QAV.

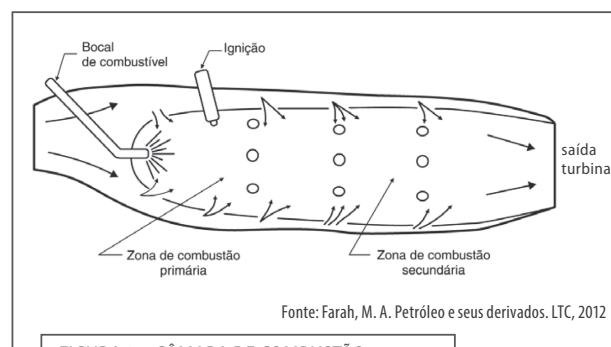


FIGURA 2 – CÂMARA DE COMBUSTÃO

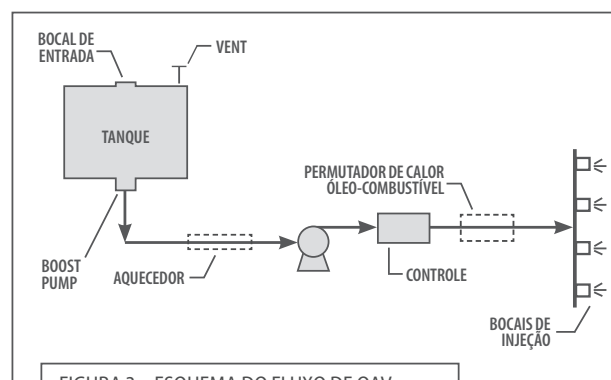


FIGURA 3 – ESQUEMA DO FLUXO DE QAV

4. REQUISITOS DE QUALIDADE

As exigências de qualidade do QAV para uso em turbinas aeronáuticas são:

- Proporcionar máxima autonomia de voo;
- Proporcionar queima limpa e completa com mínimo de formação de resíduos;
- Proporcionar partidas fáceis, seguras e com facilidade de reacendimento;
- Escoar em baixas temperaturas;

- Ser estável química e termicamente;
- Não ser corrosivo aos materiais da turbina;
- Apresentar mínima tendência a solubilização de água;
- Ter aspecto límpido indicando ausência de sedimentos;
- Não apresentar água livre para evitar o desenvolvimento de microrganismos e formação de depósitos que possam obstruir filtros;
- Oferecer segurança no manuseio e estocagem.

4.1. PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DO QAV

As características físico-químicas essenciais para o desempenho do querosene de aviação nos motores aeronáuticos são avaliadas por meio de ensaios laboratoriais, os

quais têm seus limites especificados pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) e estão distribuídas basicamente da seguinte forma:

4.1.1 ESCOAMENTO A BAIXA TEMPERATURA

Essa característica é avaliada pelos ensaios de ponto de congelamento e viscosidade, que têm como objetivo garantir que o combustível seja perfeitamente bombeado e com

escoamento contínuo durante o voo em altas altitudes, onde a temperatura externa alcança valores da ordem de -50°C, e que seja disperso adequadamente na câmara de combustão.

O ponto de congelamento é menor à temperatura na qual se inicia a formação de cristais de parafinas, enquanto

que a viscosidade do produto, por sua vez, é a medida da resistência do fluido ao escoamento.

4.1.2 ESTABILIDADE TÉRMICA

Na aeronave, o querosene de aviação atua tanto como combustível quanto como fluido lubrificante, hidráulico e de arrefecimento.

Pelas trocas térmicas realizadas, a temperatura do querosene de aviação pode atingir temperaturas da ordem de 150°C, que ao retornar ao tanque de armazenamento pode favorecer a degradação térmica do combustível armaze-

nado, produzindo depósitos que podem afetar o fluxo de combustível, a transferência de calor nos trocadores e a combustão pela obstrução de injetores.

A análise de Estabilidade Térmica simula as condições de pressão e temperatura a que se submete o combustível na aeronave, de forma a garantir a estabilidade térmica do combustível.

4.1.3 COMBUSTÃO

A qualidade de combustão do QAV é avaliada pelas propriedades de poder calorífico, massa específica, ponto de fuligem e teor de aromáticos. Estas características estão ligadas aos seguintes requisitos:

- Poder calorífico e massa específica: garantem que o combustível utilizado produza energia necessária para uma

determinada autonomia de voo;

- Ponto de fuligem e teor de aromáticos: permitem a geração de uma chama que não ocasione formação significativa de fuligem e de depósitos, preservando a vida útil da câmara de combustão.

4.1.4 CORROSIVIDADE E DISSOLUÇÃO DE ELASTÔMEROS

Essas características devem ser avaliadas no querosene de aviação para evitar que ocorram danos aos metais do sistema de abastecimento de combustível e nos elastômeros empregados na vedação nas conexões.

Para esse fim, são utilizadas as análises de corrosividade ao cobre para avaliar a presença de H₂S e de enxofre elementar que possam atacar os metais, enquanto que a tendência de ataque dos elastômeros é avaliada pelo teor de enxofre mercaptídico.

4.1.5 CONTAMINANTES

Alguns compostos presentes no combustível durante seu processo de produção e distribuição podem favorecer o aumento da solubilidade da água no combustível, como

por exemplo, a presença de emulsificantes. Para avaliar essa característica é realizada a análise de Índice de Separação de Água.

4.1.6 SEGURANÇA

Como qualquer combustível líquido considerado como inflamável, práticas básicas de segurança devem ser adotadas para o querosene de aviação, tais como aterrar equipamentos durante bombeio do produto (evitar formação de cargas estáticas), operar em ambiente aerado (evitar concentração de vapores de combustível) e em locais com ausência de fontes de ignição (faíscas, chamas expostas, entre outros).

Uma análise de laboratório que especifica o limite de risco de inflamabilidade do combustível (teor de compostos leves) é o Ponto de fulgor, que assegura o manuseio e estocagem do produto.

4.1.7. Especificação ANP de QAV

A especificação do produto é regulamentada pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Encontra-se transcrito abaixo as características físico-químicas que constam da Resolução ANP Nº 38, de

28.7.2011 - DOU 29.7.2011, as quais deverão ser atualizadas consultando o site www.anp.gov.br para a comercialização do produto.

TABELA I - ESPECIFICAÇÃO DE QUEROSENE DE AVIAÇÃO - QAV-1 (1)

CARACTERÍSTICA	UNIDADE	LIMITE	MÉTODOS	
			ABNT NBR	ASTM
APARÊNCIA				
Aspecto	-	claro, límpido e isento de água não dissolvida e material sólido à temperatura ambiente	Visual	Visual D4176 (Procedimento 1)
Cor (2)	-	Anotar	14921	D156, D6045
Partículas contaminantes, máx. (3)	mg/L	1,0	-	D5452
COMPOSIÇÃO				
Acidez total, máx.	mg KOH/g	0,015	-	D3242
Aromáticos, máx. ou	% volume	25,0	14932	D1319
Aromáticos totais, máx. (4)	% volume	26,5	-	D6379
Enxofre total, máx.	% massa	0,30	6563 14533	D1266, D2622 D4294, D5453
Enxofre mercaptídico, máx. ou, Ensaio Doctor (5)	% massa -	0,0030 negativo	6298 14642	D3227 D4952
COMPONENTES NA EXPEDIÇÃO DA REFINARIA PRODUTORA (6)				
Fração hidroprocessada	% volume	anotar	-	-
Fração severamente hidroprocessada	% volume	anotar	-	-
VOLATILIDADE				
Destilação (7)	°C		9619	D86
P.I.E. (Ponto Inicial de Ebulição)		anotar		
10% vol. recuperados, máx.		205,0		
50% vol. recuperados		anotar		
90% vol. recuperados		anotar		
P.F.E. (Ponto Final de Ebulição), máx.		300,0		
Resíduo, máx.	% volume	1,5		
Perda, máx.	% volume	1,5		
Ponto de fulgor, mín.	°C	40,0 ou 38,0	7974	D56, D3828
Massa específica a 20°C (8)	kg/m ³	771,3 - 836,6	7148 14065	D1298 D4052
FLUIDEZ				
Ponto de congelamento, máx	°C	- 47	7975	D2386 (9), D5972, D7153, D7154
Viscosidade a -20°C, máx.	mm ² /s	8,0	10441	D445
COMBUSTÃO				
Poder calorífico inferior, mín.	MJ/kg	42,80	-	D4529, D3338 D4809
Ponto de fuligem, mín. ou	mm	25,0	11909	D1322
Ponto de fuligem, mín. e	mm	19,0		
Naftalenos, máx.	% volume	3,00	-	D1840
CORROSÃO				
Corrosividade ao cobre (2h a 100°C), máx.		1	14359	D130
ESTABILIDADE				
Estabilidade térmica a 260°C (10)			-	D3241
queda de pressão no filtro, máx.	mm Hg	25,0	-	-
depósito no tubo (visual)	-	< 3 (não poderá ter depósito de cor anormal ou de pavão)	-	-
CONTAMINANTES				
Goma atual, máx. (11)	mg/100 mL	7	14525	D381
Índice de separação de água, MSEP (12)			-	D3948
com dissipador de cargas estáticas, mín.	-	70		

sem dissipador de cargas estáticas, mín.	-	85		
CONDUTIVIDADE				
Condutividade elétrica (13)	pS/m	50 - 600	-	D2624
LUBRICIDADE				
Lubricidade, BOCLE máx. (14)	mm	0,85	-	D5001
ADITIVOS (15)				
Antioxidante (16)	mg/L	17,0 - 24,0	-	-
Desativador de metal, máx. (17)	mg/L	5,7	-	-
Dissipador de cargas estáticas, máx. (18)	mg/L	5,0	-	-
Inibidor de formação de gelo (19)	% volume	0,10 - 0,15	-	-
Detector de vazamentos, máx. (20)	mg/kg	1,0	-	-
Melhorador da lubrificidade		(21)	-	-

Observações:

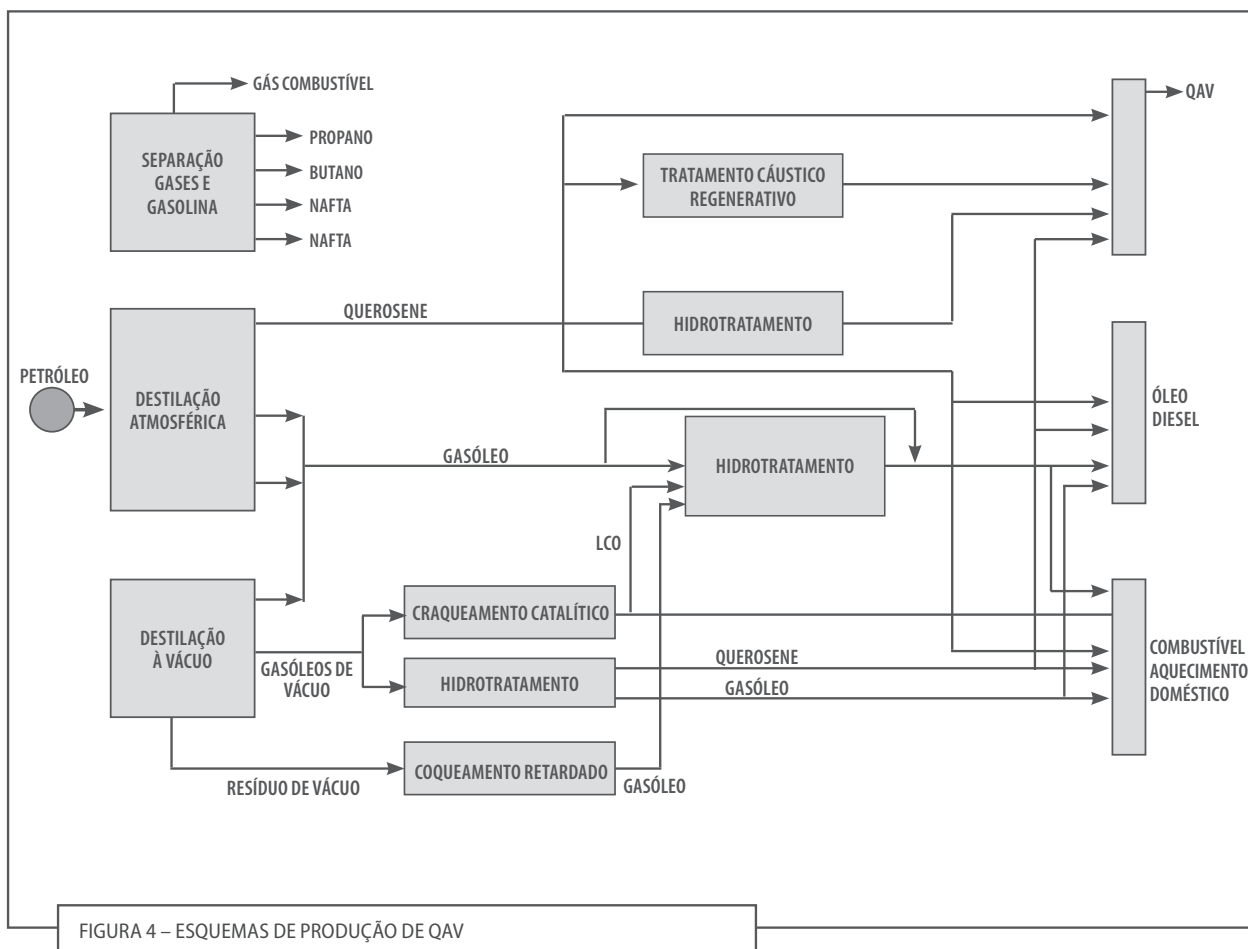
- (1) O produtor, importador, distribuidor e revendedor de querosene de aviação deverão assegurar que durante o transporte do produto não ocorrerá contaminação com biodiesel ou produtos contendo biodiesel.
- (2) A Cor deverá ser determinada na produção e, no caso de produto importado, no tanque de recebimento após a descarga.
- (3) Limite aplicável somente na produção. No caso de produto importado, a determinação deverá ser realizada no tanque de recebimento após a descarga e o resultado anotado no Certificado da Qualidade. No carregamento da aeronave será aplicado o limite estabelecido pela IATA - International Air Transport Association.
- (4) Em caso de conflito entre os resultados de Aromáticos e Aromáticos Totais prevalecerá o limite especificado para Aromáticos.
- (5) Em caso de conflito entre os resultados de enxofre mercaptídico e de ensaio Doctor, prevalecerá o limite especificado para o enxofre mercaptídico.
- (6) Deverá constar no Certificado da Qualidade emitido pelo Produtor: o percentual das frações hidroprocessada e severamente hidroprocessada de combustível na batelada, inclusive as não adições das frações mencionadas. Entende-se como fração severamente hidroprocessada aquela fração de hidrocarbonetos derivados de petróleo, submetida a uma pressão parcial de hidrogênio acima de 7.000 kPa durante a sua produção
- (7) Embora o QAV-1 esteja classificado como produto do Grupo 4 no ensaio de Destilação, deverá ser utilizada a temperatura do condensador estabelecida para o Grupo 3.
- (8) O valor da massa específica a 20°C deverá ser sempre anotado. A massa específica a 15°C poderá ser anotada adicionalmente para facilitar as transações comerciais internacionais. Para a temperatura de 15°C, aplicam-se os limites de 775,0 a 840,0 kg/m³.
- (9) Em caso de conflito entre os resultados pelos diferentes métodos prevalecerá o resultado pelo método ABNT 7975/ASTM D2386.
- (10) A avaliação do depósito no tubo de aquecimento deverá ser realizada até no máximo duas horas após o término do teste. Somente tubos fornecidos pelo fabricante do equipamento, especificado para a determinação da estabilidade térmica poderão ser utilizados.
- (11) Poderá ser empregado na distribuição o método IP 540, aplicando-se o mesmo limite de especificação. A análise de consistência só se aplica à Goma Atual, quando utilizada, na produção e na distribuição, a mesma metodologia.
- (12) Limite aplicável na produção. Na distribuição deverão ser observados os procedimentos contidos na ABNT NBR 15216.
- (13) Limites exigidos no local, hora e temperatura de entrega ao comprador no caso do combustível conter aditivo dissipador de cargas estáticas.
- (14) Limite aplicado na produção. O controle da lubrificidade aplica-se somente aos combustíveis que contêm mais que 95% de fração hidroprocessada, sendo que desta, no mínimo 20% foi severamente hidroprocessada. Esse controle é realizado, também, para todos os combustíveis que contêm componentes sintéticos, conforme a Defence Standard 91-91, Issue 6 (<http://www.dstan.mod.uk>).
- (15) O Certificado da Qualidade e o Boletim de Conformidade devem indicar os tipos e as concentrações dos aditivos utilizados. São permitidos apenas os tipos de aditivos relacionados na Tabela I deste Regulamento Técnico, qualificados e quantificados na edição mais atualizada da ASTM D1655 Standard Specification for Aviation Turbine Fuels e na Norma do Ministério da Defesa da Inglaterra denominada Defence Standard 91-91 (Defence Standard 91-91 do United Kingdom - Ministry of Defence - www.dstan.mod.uk).
- (16) Se o combustível não for hidroprocessado, a adição do antioxidante é opcional. Neste caso, a concentração do material ativo do aditivo não deverá exceder a 24,0 mg/L. Se o combustível ou componente do combustível for hidroprocessado, a adição do antioxidante é obrigatória e a concentração do material ativo do aditivo deverá estar na faixa de 17,0 a 24,0 mg/L. A adição do antioxidante deverá ser realizada logo após o hidroprocessamento e antes do produto ser enviado aos tanques de estocagem. Quando o combustível final for composto de mistura de produto hidroprocessado e não hidroprocessado, deverão ser anotados: a composição da mistura e os teores de aditivos utilizados nas frações hidroprocessada e não hidroprocessada, separadamente.
- (17) O aditivo desativador de metal poderá ser utilizado para melhorar a Estabilidade térmica do Querosene de Aviação. Neste caso, deverão ser reportados os resultados da Estabilidade térmica obtidos antes e após a adição do aditivo. A concentração máxima permitida na primeira aditivação é de 2,0 mg/L. Uma aditivação complementar posterior não poderá exceder ao limite máximo acumulativo de 5,7 mg/L.
- (18) O aditivo dissipador de cargas estáticas poderá ser utilizado para aumentar a Condutividade elétrica do Querosene de Aviação. A concentração máxima permitida na primeira aditivação é de 3,0 mg/L. Uma aditivação complementar posterior não poderá exceder a concentração máxima acumulativa especificada de 5,0 mg/L.
- (19) É opcional a adição do aditivo inibidor de formação de gelo, mediante acordo entre o revendedor e o consumidor, desde que sejam atendidos os limites especificados na Tabela I.
- (20) Quando necessário, o aditivo poderá ser utilizado para auxiliar na detecção de vazamentos no solo provenientes de tanques e sistemas de distribuição de querosene de aviação. Este aditivo deverá ser utilizado somente quando outros métodos de investigação forem exauridos.
- (21) A adição do aditivo melhorador da lubrificidade deverá ser acordada entre revendedor e consumidor, respeitados os limites para cada tipo de aditivo.

Fonte: <http://www.anp.gov.br/> - Resolução Nº 38, de 28.7.2011 - DOU 29.7.2011

5. PRODUÇÃO

O QAV é produzido utilizando como processo de refino a destilação atmosférica seguido de tratamento de acaba-

mento (cáustico regenerativo ou hidrotreatamento) (figura 4).



6. CUIDADOS PARA MANUTENÇÃO DA QUALIDADE

Para evitar possível degradação do QAV durante seu armazenamento deve-se ter os seguintes cuidados:

- Evitar presença de água livre: os tanques devem ser drenados periodicamente para evitar que a presença de água livre favoreça a degradação do combustível por microrganismos;
- Evitar contato do produto com componentes de cobre,

zinco e suas ligas: esses metais catalisam a reação de degradação do combustível;

- Adotar rotina de inspeção e limpeza nos sistemas de armazenagem do produto: verificar estado de conservação do interior dos tanques, sucção flutuante, conexões, suspiros e presença de ponto morto onde possa ocorrer acúmulo de água livre.

7. ASPECTOS DE SEGURANÇA, MEIO AMBIENTE E SAÚDE

As recomendações de armazenamento, manuseio e utilização segura do QAV estão contidas na correspondente Ficha de Informação de Segurança do Produto Químico (FISPQ).

Para efeito de transporte, a Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) classifica o QAV com número ONU 1863 e classe de risco 3 (líquido inflamável).

Sendo considerado como carga perigosa, o seu transporte, carga e descarga devem ser realizados por profissionais devidamente treinados para realizar tais operações.

Para sua manipulação e uso deve-se adotar os seguintes cuidados:

- Evite inalar névoas, vapores e produtos de combustão do QAV;

- Manipule combustíveis somente em local aberto e ventilado;

- Evite contato com a pele e com os olhos;

- Utilize luvas de PVC em atividades que demandam contato das mãos com o produto;

- Não deixe ao alcance de crianças ou de animais domésticos. Sua ingestão, mesmo em pequenas quantidades, pode ser fatal;

- Não armazene em residências;

- Não exponha o produto ao calor, faíscas ou chamas expostas.

8. INFORMAÇÕES ADICIONAIS

As condições de armazenamento do produto, sistemas de bombeio e a qualidade dos filtros cesto, coalescedor-separador e monitor devem ser inspecionados periodicamente, realizan-

do as manutenções conforme especificação do fabricante do equipamento.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Farah, M. A. Petróleo e seus derivados. LTC, 2012.

ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Bio-combustíveis: <http://www.anp.gov.br/>

Acessado em: 18 de agosto de 2014.

Para contatar o SAC Petrobras, utilize o telefone 0800 728 9001 ou envie um e-mail para sac@petrobras.com.br

Coordenado por:
Gerência de Soluções Comerciais - Marketing - Abastecimento

Elaborado por:
Comissão de Assistência Técnica Petrobras
Escola de Ciências e Tecnologias de Abastecimento - Universidade Petrobras - Recursos Humanos