Manual de Detecção, Controle e Reparo de Emissões Fugitivas em Refinarias de Petróleo

Índice

1- Introdução
2- Instalações com requisitos de baixa emissão fugitiva
3- Estratégias no projeto de Sistemas Industriais para se conseguir baixa emissão fugitiva dos produtos voláteis.
4- Diretrizes para implantação de sistemas de baixa emissão ("low emission")
4.1- Válvulas;
4.2- Ligações flangeadas de equipamentos e tubulações;
4.3- Permutadores de calor;
4.4- Máquinas;
4.5- Fornos e caldeiras;
4.6- Tanques de armazenamento;
4.7- Separadores API de água e óleo,
Bacias de descarte e tratamento de resíduos efluentes e
Lagoas de aeração

Detecção e Controle das Emissões Fugitivas em Plantas Industriais

1 Introdução

Os gases estufa causam o aquecimento global, porém, não menos grave é o vazamento e emissão de produtos voláteis poluentes, nocivos ao meio ambiente e às pessoas.

O vazamento zero não existe, o que se busca, em realidade é o controle do vazamento.

Estimam-se que Refinarias de Petróleo estão lançando pelo menos 80 milhões de libras de Poluentes Voláteis Nocivos, decorrentes de vazamentos por válvulas, todo ano

Considerando o ambiente industrial, é sabido que a grande maioria dos agentes poluentes, óxidos de Carbono, Nitrogênio e Enxofre, são provenientes da queima de combustíveis ou da evaporação de hidrocarbonetos em queimadores ou maçaricos de fornos. incineradores e caldeiras.

Estas emissões são parte do processo industrial e sujeitas a controles específicos

Os EUA foram o primeiro país a estabelecer um controle efetivo sobre as Emissões Fugitivas através do Clean Air Act Amendments (CAA), estabelecido 1970 pela Evironmental Protection Agency (EPA) em conjunto com as indústrias.

A Agência de Proteção Ambiental dos EUA (EPA) define os Compostos Poluentes Orgânicos Voláteis (COVs) como qualquer composto de carbono (excluindo monóxido de carbono, dióxido de carbono, ácido carbônico, carbetos e carbonatos metálicos e o carbonato de amônia) que participa de reações fotoquímicas na atmosfera e possui pressão de vapor superior a 0,10 mm Hg, nas condições padrões de pressão e temperatura (20ºC e 760 mm Hg).

O CAA estabeleceu a relação dos Poluentes Voláteis Nocivos do Ar (Volatile Hazardous Air Poluents), conhecidos pela sigla VHAP também por COVs – Compostos Orgânicos Voláteis.

A EPA dispõe de um banco de dados contendo as principais características de aproximadamente 318 compostos identificados como COVs.

É necessário também controlar qualquer corrente de produto que tenha mais de 5% de um VHAP em sua composição.

Assim devem ser monitorados e medidas as emissões em hastes de válvulas, bombas, flanges, eixos de agitadores, dispositivos de controle e qualquer equipamento que possa apresentar vazamento.

2 Monitoramento

As avaliações de campo em empresas siderúrgicas, papel e celulose, tintas, químicas, petróleo e petroquímicas, mostram que mesmo os vazamentos considerados desprezíveis são relevantes, tanto quanto aos aspectos econômicos, quanto de segurança, poluição ambiental e danos à saúde.

Com o advento de maiores restrições ambientais, passou a ser rotina o controle mais rigoroso dos vazamentos, e o que era acompanhado visualmente, por medição do número de gotas por minuto, passou a ser controlado com instrumentos sofisticados e critérios muito apertados.

Os vazamentos menores ou imperceptíveis, usualmente tolerados durante a operação, não são mais admitidos, e uma nova categoria de vazamentos, as emissões fugitivas, são agora objeto de prevenção, detecção, monitoramento e controle.

A importância das emissões de compostos orgânicos voláteis (COVs), pela liberação de seus vapores para a atmosfera, provenientes de vazamentos em equipamentos e sistemas de tubulação, das indústrias de processamento de petróleo e petroquímicas, vem assumindo uma posição de relevância, face aos rigores de monitoramento e controle do meio ambiente.

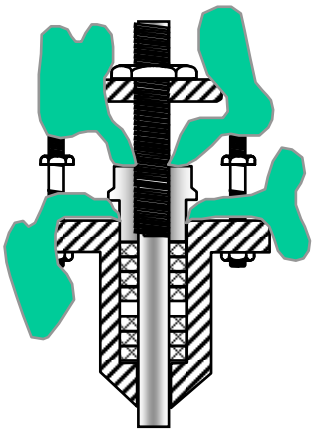
Em relatório do Comitê de Investigação Governamental dos EEUU, estimam-se que as refinarias de petróleo estão lançando pelo menos 80 milhões de libras de poluentes voláteis nocivos, só decorrentes de vazamento por válvulas.
Já a EPA Environment Protection Agency, as refinarias de petróleo lançam cerca de 246 069 toneladas de Poluentes Voláteis nocivos, todo ano.

Para monitorar *in-loco* as Emissões Fugitivas a EPA estabeleceu o Método 21 (EPA Reference Method 21) que usa um analisador de gases conhecido como OVA (Organic Vapour Analyzer). Este aparelho, calibrado para Metano, mede a concentração de um VHAP em volume de partes por milhão (ppm).

Devem ser monitorados hastes de válvulas, bombas, flanges, eixos de agitadores ou misturadores, válvulas de controle, válvulas de alívio de pressão e qualquer outro

equipamento que possa apresentar vazamentos para o meio ambiente, que acarretam custo muito elevado das perdas de produtos e riscos de acidentes.

Figura 1: Esquema do vazamento em haste de válvulas



A adoção do monitoramento e controle aliados a um programa de instalação de juntas com controle de aperto e de gaxetas conforme procedimento específico, garante desempenho eficiente dos equipamentos e vedação.

A concentração máxima admissível para flanges e hastes de válvulas é de 500 ppm. Algumas organizações de meio ambiente consideram este valor muito elevado e estão exigindo 100 ppm como limite para flanges.
Deve ser feita uma medição inicial, a cerca de um metro do equipamento, e em seguida a 1 cm ou menos do local de medição.
Para flanges, deve-se medir em toda a sua volta.
Para as válvulas junto a caixa de gaxetas.
O valor a ser considerado é a diferença entre o maior valor medido e o valor da medida inicial, a 1,0 m de distância.
Se o valor da diferença for maior do que 500 ppm, o equipamento ou a válvula é considerado como vazando e deve ser reparado.
O Método 21 permite obter uma medida do tipo “passa não-passa”, determinando se o equipamento está ou não vazando.

Entretanto, não permite obter uma medição quantitativa de quanto está vazando em uma unidade de tempo.
Para isso seria necessário enclausurar o local de vazamento ou equipamento, operação onerosa e nem sempre possível.

Para solucionar este impasse, a CMA-Chemical Manufacturers Association e a Society of Tribologists and Lubrication Engineers, aprovados pela EPA, desenvolveram vários estudos para estabelecer uma correlação entre o valor em ppm e o fluxo em massa, reunidos no Manual for Estimating Equipment Leaks, que estabelece métodos de correlação entre o vazamento medido em ppm e a vazão.

Através destes métodos é possível estimar o total de vazamentos e emissões dos equipamentos de uma instalação industrial.

Há vários métodos com diferentes níveis de precisão de cálculo.
No método mais expedito, o vazamento em gramas por hora pode ser estabelecido como:
Vazamento = 0.02784 ($SV^{0.733}$) g / hora, onde SV é o valor medido em partes por milhão (ppm).
O valor do vazamento obtido nesta equação é apenas orientativo, permitindo calcular a quantidade aproximada de produto perdida para a atmosfera.
Por exemplo, se tivermos um flange com um vazamento de 5 000 ppm temos:
Vazamento = 0.02784 ($SV^{0.733}$) = 0,02784 ($5000^{0.733}$) = 14, 322 g/h

É importante lembrar que estas emissões são, na realidade, perda de produtos para o meio ambiente e com a aplicação dos métodos da CMA/EPA é possível estimar o valor anual da perda de produtos, que é um custo para as empresas.

Apenas para exemplificar, usando valores de um dos métodos recomendados pela CMA, se tomarmos por base 1000 flanges com vazamento entre 1 000 e 10000 ppm, teremos uma perda anual de aproximadamente 76 toneladas de produtos.

O aparelho OVA-Organic Vapour Analyser indicado pela EPA Método 21 para medir emissões é normalmente utilizado é calibrado com gás metano e mede a concentração de um VAHP em ppm.

O aparelho, por meio de uma pequena bomba, faz passar o ar através de um sensor, determinando a concentração do VHAP.
O aparelho trabalha aspirando o gás e passando através de um sensor e possui dois sistemas de medição: foto-ionização e flama-ionização.
O primeiro usa a luz de uma lâmpada especial e o segundo uma chama de Hidrogênio.
O gás a ser medido define qual o sistema que apresenta a melhor precisão.
A precisão de medida é de ± 25% do valor medido ou 2.5 ppm o que for maior.
Pode ser medido o gás puro ou combinado com outros gases e neste caso é necessário saber qual a concentração de cada gás na mistura.
No mercado, existem empresas que prestam serviços de monitoramento de emissões, sendo a TEADIT, uma das empresas capacitadas a executar medição de vazamentos e emissões.

Após a medição são gerados relatórios com os pontos medidos, o valor máximo, o mínimo e a média de cada ponto.

Com base os valores de emissão de cada ponto é possível aplicar os métodos detalhados no Manual for Estimating Equipment Leaks e estabelecer o vazamento em massa por unidade de tempo.

Este processo de monitoramento e controle dos vazamentos e emissões está **d**iretamente relacionado com:

a) Custos das perdas

O custo total correspondente à quantidade de produto perdido nos vazamentos e emissões, além dos custos do reparo, multas ambientais, seguros e atendimentos médicos.

b) Custos de segurança

Providências e ações de prevenção de vazamentos de produtos inflamáveis, com riscos de incêndio, e nocivos ao homem e ao meio ambiente.

c) Custos da qualidade do ar

Monitoramento da qualidade do ar e da água.

É importante se implantar um programa de monitoramento e controle, com as seguintes atribuições, visando a redução significativa das emissões, evaporações, emanações e vazamentos:

a- Avaliação mensal das quantidades de emissões de SOx, NOx, MP (Material Particulado), CO, CO2, CH4, N2O e anualmente as emissões de COVs;

b- Cálculo das emissões evaporativas de tancagem anualmente.

3 Programa de detecção e reparo de vazamento

Os efeitos maléficos dos vazamentos e emissões sobre o meio ambiente e à saúde das pessoas aponta para a necessidade de melhorar a vedação dos equipamentos e tubulações, particularmente de válvulas.

Com o resultado do levantamento inicial do nível de vazamentos e emissões, é possível o estabelecimento de um Programa de Detecção e Reparo de Vazamento ou LDAR (Leak Detection and Repair), com as finalidades de reduzir a poluição e trazer benefícios econômicos.

3.1- LDAR recomendado pela EPA para ser aplicado em válvulas

3.1.1- Para vazamentos acima de 250 ppm:

a- Ação de reparo em 5 dias corridos;

b- Incluir a válvula em um plano de manutenção preventiva ou substituindo a válvula por outra com certificado de baixa emissão ou usando trocando o sistema de engaxetamento por outro com certificado de baixa emissão;

c- Monitorar a válvula mensalmente.

3.1.2- Para vazamentos entre 100 ppm e 250 ppm:

a- Atuar no preme-gaxeta na tentativa de reduzir para abaixo de 100ppm;

b- Incluir a válvula em um plano de manutenção preventiva ou substituindo a válvula por outra com certificado de baixa emissão ou usando trocando o sistema de engaxetamento por outro com certificado de baixa emissão;

c- Monitorar a válvula mensalmente.

3.1.3- Para vazamento abaixo de 100 ppm:

a- Após dois anos consecutivos com desempenho de vazamento inferior a 100 ppm, passar a monitoramento para anual.

É importante lembrar que as emissões são perdas de produtos para o meio ambiente, assim, um programa LDAR além de reduzir a poluição, traz benefícios econômicos.

A adoção do monitoramento e controle aliados a um programa de instalação de juntas e gaxetas mais efetivas, com controle de aperto, é um investimento econômico e ambiental rentável.

Monitoramento de Emissões em Flange.

Monitoramento de haste de válvula.

4 Classificação dos vazamentos e emissões

Os processos de refino e de combustão liberam para a atmosfera quantidades significativas desses compostos orgânicos.

As emissões podem se manifestar como hidrocarbonetos puros ou parcialmente transformados pela combustão, na forma de vapores ou aerossóis (tais como gás sulfídrico H_2S, óxidos de enxofre (SO_2), e nitrogênio (NOx), liberados através de fontes pontuais como chaminés, alívios e descarga de válvulas de segurança, vazamentos imperceptíveis em equipamentos e tubulações existentes no processo.

Elas também ocorrem continuamente em sistemas de tratamento de efluentes e resíduos, em geral, e nas áreas reservadas ao despejo de resíduos sólidos.

Como ordem de grandeza, atualmente cerca de 1% do petróleo que é processado se perde por emanações fugitivas de vapores e gases.

Nas áreas próximas à ocorrência das principais emissões, pode haver a presença de misturas explosivas e de ambientes nocivos ao meio ambiente e ao ser humano.

Os cuidados com a qualidade do ar estão intrinsecamente ligados à saúde pública, aos danos à flora e à fauna e aos malefícios da chuva ácida, que deteriora materiais e equipamentos, sendo pois razões determinantes para o controle de vapores e emissões poluentes.

A legislação ambiental cuida da qualidade mínima do ar que respiramos e impõe limites às emissões das indústrias.

São leis a nível federal,(CONAMA), estadual (CETESB, FEEMA, IAP,...) e municipais, que determinam padrões primários (valem para as grandes cidades) e os secundários (valem para o campo).

É sabido que a grande maioria dos agentes poluentes são óxidos de carbono e de enxofre, provenientes da queima de combustíveis e da evaporação de hidrocarbonetos.

Os poluentes controlados são SOx, NOx, CO, MPs (materiais particulados) e COVs - Compostos Orgânicos Voláteis ou Poluentes Voláteis Nocivos do Ar (Volatile Hazardous Air Poluents), conhecidos pela sigla VHAP.

Já os gases que causam o efeito estufa são CO2, N2O, VH4.

O circuito da poluição pode ser esquematizado da seguinte forma:
Ar + Líquidos Voláteis = Compostos Orgânicos Voláteis (COVs)
COVs + Raios Solares (UV) + Produtos da Combustão (NOx) = Ozônio (Oxidante Fotoquímico).

Os problemas gerados são: poluentes tóxicos, com odor e precursores de Ozônio, que causam risco de incêndio e explosão, aumento do prêmio do seguro e perdas de produto e matéria prima.

4.1- Classificação dos vazamentos e emissões

Conforme o Federal Code of Regulations, Title 40, Part 60, Sub-part VV – "Standards of performance for equipment leaks of VOCs (Volatile Organic Compounds) in synthetic organic chemicals manufacturing industry", consideram-se vazamentos quando a leitura do instrumento indicar acima de 10.000ppm e emissão não detectável quando a leitura for inferior a 500ppm.

A depender do tipo de fluido da quantidade perdida para a atmosfera, os vazamentos e emissões se classificam como: emissões, emissões fugitivas, evaporações ou emanações, hidrocarbonetos não queimados e vazamentos propriamente ditos.

4.1.1- Emissões

São perdas por vazamento da ordem de até 10000 ppm, toleradas no caso de fluidos não tóxicos.

Por não provocarem dano ao meio ambiente ou ao homem, é possível a convivência durante a operação com as emissões, porém assumem importância econômica pela grande quantidade de pontos de vazamento, como exemplo as inúmeras válvulas e ligações flangeadas, existentes em uma planta industrial.

4.1.2- Emissões fugitivas

Por emissões fugitivas entendem-se os vazamentos de compostos voláteis COVs, dos fluidos de processo, provenientes da operação dos equipamentos e tubulações nas instalações industriais.

As emissões fugitivas ocorrem principalmente nas válvulas dos sistemas de tubulações, impossíveis de serem coletados e, em geral, não observáveis visualmente, como por exemplo cheiro de gasolina em postos de serviço, ondas de calor sobre linhas quentes, etc.

Emissões fugitivas são perdas características em que o controle é por ppm (partes por milhão) de fluido com características letais ou de periculosidade.

Para instalações de petróleo, químicas e petroquímicas, processando fluidos tóxicos e produtos químicos os limites são:

*500ppm para válvulas e flanges;
*1.000ppm para equipamentos rotativos, como bombas e compressores.

Porém há uma forte tendência se se limitar essas emissões fugitivas em 100 ppm.

As fontes principais dessas emissões dentro e fora das Unidades de processo engloba as perdas provenientes de tubulações e equipamentos:

a- vasos de pressão em geral, particularmente em permutadores de calor;
b- acessórios montados em tubulações e equipamentos: válvulas, ligações flangeadas e conexões para drenos e respiros (vents);
c- componentes de máquinas de fluxo, por exemplo: selos de bombas e compressores, e sistemas de selagem do eixo de agitadores e misturadores;
d- dispositivos para alívio e coleta de amostras do processo e drenagem realizados manualmente;
e- válvulas de segurança e alívio abrindo diretamente para a atmosfera;

f- ações operacionais de amostragem, drenagem ou purga manual de equipamentos;
g- linhas com extremidades abertas;
h- Instrumentos, particularmente os visores de nível flangeados.

Essas emissões correspondem a cerca de 50-60% dos vazamentos comuns das plantas industriais e mais da metade dessas emissões ocorrem nas válvulas.

As válvulas mais críticas, com relação às emissões fugitivas, são as válvulas de controle, as válvulas de operação frequente (entendem-se aquelas que abrem e fecham mais de 10 vezes por mês) e as válvulas que operam com ciclo térmico, que representam cerca de 10% a 15% do total das válvulas de uma planta de processo.

Nestas é particularmente importante o controle das emissões fugitivas.

Já as válvulas de bloqueio pouco atuadas, de utilização nas paradas de manutenção ou de isolamento de equipamento para reparos, não são consideradas individualmente como contribuintes para as emissões fugitivas. Porém, devido ao grande número, de 85% a 90% do total, também contribuem em conjunto para as perdas por emissões fugitivas.

4.1.3- Evaporações ou emanações
São as provenientes de:
Tanques de armazenamento;
ETDI Estação de Tratamento de Despejos Industriais;
SAO-Separadores de Água e Óleo;
“Land-farming”- Lagoa de Aeração.

4.1.4- Hidrocarbonetos não queimados
São provenientes de queima de óleo e gases :
Caldeiras;
Fornos;
Incineradores;
Turbinas a gás;
Flares ou Tochas.

4.1.5- Vazamento propriamente dito
Normalmente, os vazamentos identificados visualmente correspondem a concentrações da ordem de 20 000 ppm.
Na prática, o vazamento é reparado imediatamente, devido ä magnitude e ao risco envolvido.

4.2- Geradores das emissões
Os maiores contribuintes para o inventários de vazamentos e emissões são:

a- Fornos, incineradores e caldeiras, queimando óleo e gases ácidos e gerando SOx, NOx e CO_2.
Solução: controle da combustão.
Por exemplo: Um forno de 50 MW, queimando óleo combustível, emite:
100 000 t/ano de CO_2 com 1% O_2, e 125 000 t/ano com 5% CO_2;
125 t /ano de NOx com 1% O_2 e 150 t/ano com 5% O_2.

b- Unidades de Craqueamento Catalítico UFCCs: CO2, NOx, SOx e MPs.
Solução: controle de processo.
c- Flares: queimando gás ácido.
Solução: Coleta e retorno dos gases para reprocessamento.

As Unidades de Recuperação de Enxofre são as responsáveis pela redução de poluentes, pois tratam os gases ácidos produzidos nas instalações industriais, e passaram a ser tão importantes, que a Refinaria não pode operar sem ela.

O tipo e concentração dos vapores presentes na atmosfera dependem das características do processo e dos seus equipamentos, da qualidade dos procedimentos de manutenção preventiva e corretiva e de programas controle das emissões.
Em média, os maiores percentuais de emanações de COVs provêm das seguintes fontes:

Fontes de COVs no processo	Faixa de variação (%)
Tubulações e equipamentos de processo	40 a 60
Operações de carregamento e retirada de hidrocarbonetos envolvendo vagões e caminhões - tanques	20 a 30
Sistemas de tratamento de efluentes líquidos	5 a 15
Tanques de armazenamento	5 a 15
Alívios do processo	5 a 15

4.3- Perdas durante o processamento ou armazenamento
Avaliando por componente, as perdas médias, típicas de uma refinaria, no início de um programa de redução das perdas por emissões, são:

Componente	Total com vazamento	% perdas
Selos de compressor	100%	30%
Selos de bombas	28%	7%
Válvulas de controle	17%	8 %
Medidores de vazão, exceto placas de orifício	17%	0.05%
Placas de orifícios	15%	0,05%
Tubulações com extremidade aberta	12%	10%
Válvulas	11%	19%
Válvulas reguladores de pressão	4%	10%
Válvulas de segurança	2%	0,05%
Conexões flangeadas	10%	27%

Totalizando os componentes relevantes, mais de 50% são perdas em válvulas e ligações flangeadas:

Válvulas de controle	8%

Válvulas	19%
Válvulas reguladores de pressão	10%
Conexões flangeadas	27%
Total	54%

4.4- Perdas por emanações oriundas de Áreas de contenção ou Equipamentos abertos

As áreas de contenção descobertas são depressões topográficas naturais ou bacias revestidas para impermeabilização, de recebimento de efluentes e resíduos oriundos do processo.

A superfície líquida está exposta diretamente para a atmosfera, o que favorece a formação das emanações.

Geralmente essas áreas são:

a- tanques sem teto, contendo resíduos de produtos
b- lagoas escavadas do solo para acúmulo de correntes líquidas, contendo sólidos ou para usos específicos como "landfarming", neutralização ou degradação dos sólidos e biodegradação.
c- Separadores API de água e óleo;
d- Sistema de tratamento de efluentes industriais.

4.5- Perdas durante as operações de transferência e estocagem de hidrocarbonetos

A liberação dos COVs no ar durante as movimentações de produtos estão vinculadas por exemplo a:

a- tanques de armazenamento de petróleo e derivados;
b- transferência entre tanques na refinaria ou em bases de distribuição ou terminais;
c- operações de carregamento/descarregamento entre vagões - tanques ou caminhões -tanques de bases de distribuição, terminais ou empresas de frotas de veículos;
d- descarregamento de caminhões - tanques para tanques subterrâneos em postos de abastecimento de combustíveis;
e- estações de carregamento de produtos;
f- bombeio de combustíveis para postos de abastecimento.

5 Instalações com requisitos de baixa emissão fugitiva

Atualmente o controle e monitoramento das emissões, especialmente dos fluidos mais agressivos e tóxicos, tem sido intensificado para se obter perdas da ordem das baixas emissões fugitivas, particularmente nas válvulas, por apresentarem a maior contribuição.

Os produtos mais poluentes e tóxicos presentes nas plantas de petróleo são os hidrocarbonetos aromáticos: benzeno(BTX), tolueno e xileno, já preocupando em concentrações acima de 8 ppm, conforme Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho e Emprego NR-15.

Para estes produtos se requer a característica de "baixa emissão fugitiva" para as plantas que os processem e/ou armazenam.

As emissões fugitivas provenientes das instalações industriais, que processem ou armazenem fluidos tóxicos e produtos químicos nocivos ao homem e ao meio ambiente,

devem ser reduzidas a níveis bem baixos e monitoradas, regularmente monitoradas ao nível de “baixa emissão fugitiva (low fugitive emissions)”, isto é emissões inferiores a 500 ppm.

A legislação voltada para a proteção do meio ambiente e da saúde e segurança do trabalhador está se tornando cada vez mais restritiva, particularmente, quanto às emissões de poluentes voláteis nocivos ao ar (“Volatile Hazardous Air Pollutants – VHAP”).

Nos Estados Unidos o assunto é regulamentado pelo “Clean Air Act Amendments – CAAA”, pela EPA (“Environment Protection Agency”) que promove a implementação e a fiscalização da legislação ambiental e pelo VMA-“Valve Manufacturers Association of América”.

A CAAA no Título III, Seção 112 estabelece a relação de 189 Poluentes Voláteis Nocivos ao Ar (VHAPs) a serem monitorados e controlados.

A CAAA criou as seguintes definições:

a- Fonte de poluição:

Instalação industrial com potencial de emissão de 10 t/ano de poluente volátil (VHAP) ou 25 t/ano de qualquer combinação deles;

b- Serviço VHAP:

Equipamento ou sistema está em Serviço VHAP quando contém ou processa um fluido (líquido ou gás) com pelo menos 5% em peso de um composto definido como VHAP (“Volatile Hazardous Air Pollutant”);

Em 1994 a EPA emitiu o “National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants” – NESHAP, que é a norma com os requisitos para deteção e controle das emissões poluentes (VHAPs), em indústrias que produzem ou utilizam um dos produtos listados pela CAAA como VHAPs, nocivos ao homem e ao meio ambiente.

Os níveis de emissões admitidos dependem das legislações específicas de cada país e, até mesmo, dentro do mesmo país, de normas locais.

Para exemplificar, a EPA requer monitoramento de todos os equipamentos e válvulas das instalações industriais, contendo ou processando produtos tóxicos, para detecção de emissões fugitivas que excedam 500ppm, com reparo ou substituição imediata do equipamento ou componente com problemas.

Alguns estados americanos, como a Califórnia, são mais restritivos e estabelecem como 100ppm, esse nível máximo de emissões.

O monitoramento das emissões é executado conforme as regras estabelecidas pela EPA Method 21”Determination of Volatile Organic Compounds (VOCs) leaks from process equipments”, que emprega detetores portáteis capazes de medir as baixas emissões fugitivas junto aos equipamentos e válvulas.

A legislação brasileira, Norma Regulamentadora NR-15 “Atividades e Operações insalubres”, da Secretaria de Segurança e Saúde no Trabalho, limita em 8ppm máximo absorvidos por via respiratória, para jornada de trabalho de até 48 horas, por semana, no caso de produtos poluentes do tipo hidrocarbonetos aromáticos, como benzeno, tolueno e xileno.

A própria norma de projeto e construção de sistemas das tubulações (ASME B31.3) possui um capítulo (Chapter VIII), especificando os requisitos adicionais para as “tubulações em serviço com fluido categoria M” (Piping for category M fluid service), definido como o serviço em que “a simples exposição pessoal a uma bem pequena quantidade de um fluido tóxico, causada por vazamento, pode produzir danos irreversíveis por respiração ou contato corporal”.

Sempre que o produto processado ou armazenado contenha um teor de qualquer desses poluentes maior ou igual a 5% em peso, por tempo acima de 300h, em um ano, a instalação é caracterizada para ser de “baixa emissão fugitiva” e deve ter um programa de monitoramento.

Os equipamentos de processo que devem ser monitorados são, principalmente:
agitadores, bombas, compressores, sistemas de amostragem, sistemas fechados de ventilação, casas de controle pressurizadas, conexões flangeadas, flanges principais de permutadores de calor, válvulas de alívio e segurança PSVs, válvulas de controle, válvulas de bloqueio em geral.

As emissões nas válvulas ocorrem nas juntas das conexões flangeadas com as tubulações, na junta do flange do castelo e na selagem da haste pela caixa de gaxetas, que é a parte mais vulnerável para a ocorrência das emissões, devido ao desgaste e deterioração com o uso.

6 Estratégias no projeto de sistemas industriais para se conseguir baixa emissão fugitiva dos produtos voláteis

6.1- Precauções para controle de vazamentos em equipamentos e tubulações.

6.1.1. Válvulas com vedação de baixa emissão (”low emission valves”).

a) As válvulas de pequeno diâmetro (até 11/2”) devem ser de extremidades para solda de encaixe, englobando as linhas auxiliares de bombas, drenos e respiros, amostragem e de instrumentação.
b) Uso de gaxetas de “baixa emissão fugitiva” com sistema de carga constante para as válvulas de controle e válvulas de operação freqüente.

6.1.2. Conexão flangeada com vedação de baixa emissão em equipamentos e tubulações.

Adotar os seguintes cuidados:
a- Utilizar o mínimo necessário de ligações flangeadas;
b- Uso de juntas com características de baixa emissão;
c- Acabamento da face dos flanges próprio para baixa emissão;
d- Uso de dispositivos de carga constante nos itens críticos.

6.1.3. Máquinas, bombas, compressores, turbinas, agitadores e misturadores com baixa emissão.

Uso de selo duplo.

6.1.4. Tanques de armazenamento com baixa emissão.

a- Os sistemas de amostragem devem ser estanques, evitando a possibilidade de fuga e inalação de vapores e contato manual, durante a amostragem, nas linhas e nos tanques.

b- Utilizar garrafas especiais e válvula amostradora tipo pistão montada diretamente no bocal, sem espaço morto e sem necessidade de drenagem antes da mostragem.
Referência: Válvula de amostragem RAM-SEAL da PETTEROLF do Brasil

6.1.5. Separadores API de água e óleo (SAO), Bacias de descarte e tratamento de efluentes, Bacias de acumulação de resíduos e Lagoas de aeração.

Uso de cobertura integral e instalação de biofiltro para tratamento dos gases coletados sob a cobertura.
Referência: PETREX, Inc.

6.1.6. Válvulas de alívio e de segurança de equipamentos e tubulações.

Uso de discos de ruptura à jusante da válvula.

7 Premissas para a implantação de sistemas de baixa emissão

7.1- Válvulas

Usar somente válvulas com vedação de baixa emissão (”low emission valves”).
As válvulas de pequeno diâmetro (até 11/2”) devem ser de extremidades para solda de encaixe, englobando as linhas auxiliares de bombas, drenos e respiros, amostragem e de instrumentação.
Uso de gaxetas de “baixa emissão fugitiva” com sistema de carga constante para as válvulas de controle e válvulas de operação frequente.

7.2- Ligações flangeadas de vasos de pressão e tubulações

Para os flanges do castelo de válvulas gaveta e globo, para os flanges do tampo das válvulas de retenção e para flanges de conexão com equipamentos ou tubulações, utilizar:

7.2.1- Classe de pressão 150, face ranhurada “stock finish” 250 RMS a 500 RMS, conforme MSS SP 6 e ASME B46.1.
Junta plana de grafite expandido flexível com inserto de lâmina corrugada de aço inoxidável Tipo 316;
Dimensões: ASME B16.21;
Temperatura máxima 450ºC.

7.2.2- Classe de pressão 300 FR face lisa 125 RMS a 250 RMS conforme MSS SP 6 e ASMEB46.1.
Junta espiralada com espiras de aço inoxidável Tp 304 (dureza 160HB max) e enchimento de grafite flexível , com anéis interno de aço inoxidável Tp 304 e externo de centralização de aço carbono.

Dimensões: ASME B16.20;
Temperatura máxima 650ºC.

7.2.3- Classe de pressão 600 RTJ e acima, face lisa acabamento 63 RMS conforme MSS SP 6 e ASME B46.1.
Junta de anel metálico tipo RTJ de seção oval.
Dimensões: ASME B16.20.
Material: aço inoxidável Tp 304 (160HB máxima dureza).

7.3- Permutadores de calor

O grande inconveniente para a vedação dos flanges principais de trocadores de calor é a diferença de temperaturas entre os pares dos flanges, inerente à condição operacional do casco e do carretel. Quanto maior a diferença entre essas temperaturas, maior a possibilidade de vazamento, por perda de aperto no estojos, sendo necessário a utilização de sistema de carga constante em cada estojo.

Nos flanges principais de permutadores de calor devem ser utilizadas as juntas a seguir especificadas, dentro dos limites indicados.

Nos casos de permutadores submetidos a ciclos térmicos e/ou choque térmico, avaliar o emprego de sistema de carga constante.

7.3.1- Flanges de face macho & fêmea:
a- Para temperatura de operação menor ou igual a 400ºC
Junta tipo dupla camisa lisa de aço carbono com enchimento de grafite flexível, padrão ASME B16.20.
As faces dos flanges deverão ter acabamento de 32 a 63 RMS, conforme MSS SP-6 e ASME B46.1.

Opcionalmente:
Junta tipo fita de seção retangular 16mm x 6mm (5/8” x 1/4”), de grafite flexível reforçado com fibras de carbono, fixada com adesivo próprio à face do flange.
As faces dos flanges poderão ter acabamento de 125 a 250 RMS, conforme MSS SP-6 e ASME B46.1.

b- Para temperatura de operação acima de 400ºC
Junta tipo dupla camisa lisa de aço inoxidável Tp 304 (160 HB máxima dureza) com enchimento de grafite flexível, padrão ASME B16.20.
As faces dos flanges deverão ter acabamento liso 63 RMS, conforme MSS SP-6 e ASME 46.1.

Opcionalmente:
Junta tipo “Camprofile”, metálica de anel plano ranhurado, de aço inoxidável austenítico Tipo 304, totalmente revestido com grafite flexível, em ambas as faces.
As faces dos flanges poderão ter acabamento de 125 a 250 RMS, conforme MSS SP-6 e ASME B46.1.

7.3.2- Flanges de face “tonque & groove without or with nubbin”:

Junta tipo anel plano metálico de aço inoxidável Tipo 304 (160HB máxima dureza), padrão ASME B16.20.

As faces dos flanges deverão ter acabamento liso de 32 a 63 RMS, conforme MSS SP-6 e ASME B46.1.

7.4- Máquinas

A vedação com gaxetas em eixos de máquinas (bombas, compressores, agitadores e misturadores) nunca é considerada “low emission”, pois entre o eixo e as gaxetas permanece uma película residual do produto, que sob o calor gerado na rotação, evapora para o exterior.

Em máquinas, quando é requerido a “baixa emissão fugitiva”, utilizar selo mecânico duplo e fluido de selagem que não seja poluente.

7.5- Fornos, Incineradores e Caldeiras

Utilizar queimadores que emitem baixos teoes de NOx e SOx.
Os principais locais de vazamento de produtos são as conexões flangeadas de entrada e saída nas serpentinas das zonas de radiação e convecção.

Os cabeçotes de retorno também são pontos de vazamento, embora a tendência seja o coqueamento em operação, que promove a vedação.

Os locais de passagem de tubos pela chaparia da estrutura do forno levam à entrada de ar falso, que compromete a chama, e ao vazamento de gases, reduzindo a eficiência térmica.

No caso do ramonadores ou sopradores de fuligem, que são dispostos horizontalmente, nas extremidades do engaxetamento, se deve usar as buchas de aço carbonos, para sustentarem o peso da haste de acionamento.

7.6- Tanques de armazenamento

Os tanques de armazenamento merecem cuidados especiais pela presença em larga escala nas refinarias, bases de distribuição e terminais. e quantidades significantes de emissões.

As evaporações em tanques resultam da movimentação (enchimento e esvaziamento) do produto armazenado; alterações da temperatura de armazenamento; efeito do vento sobre o teto do tanque, induzindo novas emissões.

As evaporações também dependem do tipo de construção do tanque: teto fixo ou teto flutuante.

O cálculo da estimativa da evaporações é feito pelo programa “soft” API 4.0, baseado nos documentos API Chapter 19.1 e 19.2.

Para os tanques a tendência é a interligação com sistema de recuperação ou destruição de vapores e gases.

As técnicas de coleta e recuperação dos vapores e retorno para o processo são: condensação, absorção, adsorção.

Já as técnicas de destruição das emissões são: biofiltração para a o abatimento dos odores, oxidação térmica em tochas ou em incineradores; oxidação catalítica; biodegradação com uso de bactérias para conversão dos COVs em dióxido de carbono, água e sais minerais.

Nas operações de transferência e estocagem dos produtos entre tanques efetuados em refinarias, bases de distribuição e terminais, as perdas podem ser reduzidas, modificando-se os bocais de entrada e saída de produto, pela implementação de um tubo imerso na massa líquida através do fundo do tanque.
Essa instalação decresce a turbulência e o contacto entre as fases líquida e gasosa do produto.

7.6.1- Tanques de teto fixo

Nos tanques de teto fixo acumula-se um volume apreciável de gases e vapores sobre o nível do líquido armazenado, e o mecanismo principal das emissões são os vapores de hidrocarbonetos expelidos no enchimento do tanque. Outro mecanismo é devido às mudanças da temperatura do produto, que provocam variações do volume armazenado. Nestas mudanças o ar entra no tanque e é após expelido saturado com hidrocarbonetos. Também contribuem para as emissões o efeito do vento e da temperatura externa, no teto do tanque.

O controle destas emissões pode ser feito com a instalação de um sistema de recolhimento desses vapores, descarregando em um tanque de teto flutuante. Outra maneira é a instalação de um teto flutuante interno ao teto fixo, com o que se consegue uma redução de até 95% da emissões.

7.6.2- Tanques de teto flutuante

Nos tanques de teto flutuante a maior fonte dos vazamentos é através das aberturas e deformações no selo periférico do espaço anular, entre o teto flutuante e o costado do tanque, e pelas aberturas dos bocais e acessórios localizados no teto: boca de medição; guia anti-rotacional, quebra-vácuos, passagens das pernas suportes do teto. Outro mecanismo é pela evaporação do líquido que cobre as paredes do costado do tanque quando o teto é abaixado.
O controle é feito inspecionando-se, periodicamente, a selagem do teto flutuante, fechando-se os espaços abertos no selo, e com a instalação nos bocais do teto abertos para atmosfera, de bóias internas para selagem. Também é usado teto geodésico em gomos de alumínio sobre o teto flutuante existente.

7.6.3- Considerações sobre a legislação americana de limitação da emissões de tanques

A legislação americana atual, de controle das emissões, conforme “EPA Regulations – chapter I – subchapter C – Air programs – Part 60 (updated 1999) – Standards of performance for new stationary sources”, especifica diferentes sistemas de vedação para controle das emissões provenientes dos tanques de armazenamento.

A seguir estão resumidos na tabela anexa as prescrições atuais da EPA para controle das emissões em tanques de armazenamento;

7.7- Separadores API de água e óleo (SAO), Bacias de descarte e tratamento de efluentes, Bacias de acumulação de resíduos e Lagoas de aeração (Land farming)

As emissões são provenientes da evaporação do material orgânico tratado ou em circulação.

O controle deve ser feito cobrindo-se a superfície líquida nestes equipamentos com estruturas metálicas leves, normalmente confeccionadas de alumínio.

Referência: Coberturas flutuantes ou fixas da PETREX, Inc.

REQUISITOS PARA ARMAZENAGEM DE PETRÓLEO E DERIVADOS EM TANQUES CONFORME "EPA regulations" Environment Protection Agency - USA			
DATA DA CONSTRUÇÃO DO TANQUE	**CAPACIDADE (V)**	**PRESSÃO DE VAPOR VERDADEIRA (PV)**	**PRESCRIÇÃO PARA O ARMAZENAMENTO**
Antes de 1973.	Não regulado pela EPA.	Não regulado pela EPA.	Não regulado pela EPA.
De 11/6/73 a 19/5/78	v > 151 416 l	1,5 psi < pv < 11,1 psi	"Internal floating roof" ou "Vapor recovery and disposal system"
		pv > 11,1 psia	"Vapor recovery and disposal system"
De 18/5/78 a 23/7/84	v > 151 416 l	1,5 psi < pv < 11,1 psi	"External floating roof" ou "Fixed roof with internal floating roof" ou "Vapor recovery and disposal system"
		pv > 11,1 psi	"Vapor recovery and disposal system"
Após 23/7/84	v < 75000 l	Qualquer pv	Sem requisitos da EPA
	75 000 ≤ v < 151 000 l	pv < 2,20 psi	Sem requisitos da EPA
	v ≥ 151000 l	pv < 0,51 psi	Sem requisitos da EPA
	75 000 ≤ v < 151 000 l	4,0 ≤ pv < 11,1 psi	"Fixed roof with internal floating roof" ou "External floating roof" ou "Vapor recovery and disposal system"
	v ≥ 151 000 l	0,75 ≤ pv < 11,1 psi	

ANEXO 1 Requisitos para minimizar as emissões fugitivas de BTX (benzeno, tolueno e xileno) e outros aromáticos

1. **Aplicação**

Estes requisitos se aplicam para todas as correntes pressurizadas contendo:

a- 1% (em peso) ou acima de benzeno; ou
b- 25% (em peso) ou acima de hidrocarbonetos aromáticos C_6 até C_9.

2. **Requisitos**

a- Vasos, reservatórios e "containeres" com sistema fechado de coleta de amostra;
b- Sistema fechado para coleta de:
   b.1- drenos de vasos e tubulações;
   b.2- "vents" ou respiros de vasos e tubulações;
   b.3- drenos e respiros de válvulas de controle;
   b.4- drenos de bombas;
   b.5- drenos e respiros de equipamentos em geral, de liberação para manutenção.
c- As bombas e compressores devem se equipados com selo duplo com fluido barreira de fonte independente e não poluente;
d- Água contaminada deve retornar ao mesmo processo, sempre que possível, ou dirigida para outra unidade de processo;

3. **Gestão e controle das emissões fugitivas**

O método de medição deve ser o regulado pela EPA 40 CFR PART 60 - 21 para emissões fugitivas - para o controle das emissões fugitivas e o aparelho a utilizar é um analisador portátil de gases, que opera pelo princípio da foto-ionização das moléculas de cada composto, identificando-os e indicando os valores em partes por milhão (ppm).

Para a "Gestão das Emissões Fugitivas" são necessários:
1- Identificação das fontes de emissões fugitivas e faz as medições;
2- Desenvolvimento de um programa com envolvimento direto da equipe de manutenção;
3- "Software" de gestão.

Resumidamente o EPA Método 21 contempla as seguintes fases:

- **Fase 1- Inventário com base em dados de projeto e quantificação da emissão de COV;**
- **Fase 2- Inventário baseado em medições de vazamentos realizadas no campo diretamente sobre uma amostra estatística representativa dos equipamentos de processo**
- **Fase 3– Implantação de um Programa LDAR - Leak Detection and Repair.**

O trabalho consiste no monitoramento periódico das emissões de hidrocarbonetos (ou amônia) nos acessórios (válvulas, flanges, conexões...) e identificados os pontos de vazamento.
Uma vez detectados, os mesmos devem ser reparados dentro de um período de tempo pré-definido, conforme programa LDAR a fim de reduzir emissões fugitivas para o meio ambiente.

O cálculo das emissões de cada ponto a partir da medida de concentração encontrada próxima ao acessório deve ser feito através do uso de protocolos da USEPA.

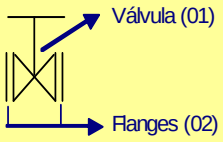
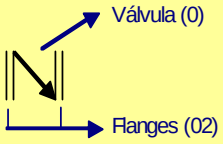
Os equipamentos mais comuns, possíveis de se constituírem em fontes de emissões fugitivas, são:

- Válvula de bloqueio;
- Válvula de controle;
- Selagem de bombas;
- Flanges de equipamentos, tubulações e conectores;
- Linhas com extremidade aberta;
- Conexões para amostragem;
- Drenos;
- Castelo de válvulas.

O tempo utilizado para o reparo é a chave para o sucesso do programa, ele deve ser o menor possível dentro dos limites de resposta da manutenção.
O tempo recomendado para reparo é de no máximo 30 dias a partir de sua localização.

O limite a ser considerado como vazamento deve ser:

- Unidades existentes
  Tubulações em que o produto possa conter benzeno
  1000 ppm **1º ano**
  500 ppm a partir do **2º ano**
- Outros COVs
  10 000 ppm **1º ano**
  Reduzir gradativamente dependendo da resposta da manutenção em realizar o reparo (máximo 30 dias após a detecção)
- Unidades novas
  1000 ppm para COVs **1º ano**
  Reduzir gradativamente, dependendo da resposta da manutenção, até ≤500 ppm.

EQUIPAMENTO/COMPONENTE	CONTAGEM	COMENTÁRIOS
VÁLVULAS Esfera Borboleta Gaveta Válvula de Controle Vent		Contar 01 fonte para a válvula e então contar cada flange ou plug associado
VÁLVULAS Retenção		Como não possui haste ou sistema de engaxatamento, não é considerada com potencial de fonte de emissão fugitiva. Mesmo assim contar as conexões associadas como fontes de vazamento

Bibliografia :

1- 40 CFR – Subpart J – National emission standard for equipment leaks (Fugitive emissions sources) of benzene
2- Act sheet – Fianl air toxics rule for the petroleum refining industry
3- 40 CFR subpart VV – Standards of performance for equipment leaks of VOC in the synthetic organic chemicals manufacturing industry
4- Modified 40 CFR part 63 subpart H – National emission standards for organic hazardous air pollutants for equipment leaks
5- 40 CFR 60 – Subpart V – National emission standard for equipment leaks (Fugitive emissions source)
6- Subpart GGG – Standards of performance for equipment leaks of VOC in petroleum refineries
7- Petroleum refinery MACT standard guidance appendix D Additional resources for petroleum refining MACT standard guidance document

ANEXO 2 Orientações sobre limites de EMISSÕES ATMOSFÉRICAS provenientes da queima de combustíveis

Glenda Rangel Rodrigues - Petrobras

1. Objetivo

Divulgar as informações sobre limites de emissões atmosféricas para atender às resoluções do CONAMA.

2. Recomendações Gerais

2.1- A resolução CONAMA não estabelece a freqüência de monitoramento das fontes. Esta discussão deve ser alvo de negociação com o órgão ambiental licenciador local.
No entanto, está estabelecido que todas as novas fontes de combustão (**fornos, caldeiras e incineradores)** devem ser preparadas para permitirem amostragens em suas chaminés.
A norma NBR 10701 - Determinação de pontos de amostragem em dutos e chaminés de fontes estacionárias é usada para orientar a preparação dos pontos de amostragem.
Também as chaminés das fontes de combustão existentes devem ser preparadas para permitir condições de amostragem.
É importante que sejam construídas plataformas de acesso aos pontos de amostragem de acordo com as normas e padrões de segurança.

2.2- A exigência de Monitoramento Continuo de Emissões não está contida na resolução CONAMA a ser implantada.
Porem as Refinarias devem implantar este monitoramento e um programa especifico de manutenção e calibração.

3- Limites estabelecidos para cada fonte individualmente

Os limites estabelecidos para emissão de SOx nas fontes de combustão indicam que **não será possível a queima de gases ácidos ou gases residuais em fornos e caldeiras**.

Os limites de emissão propostos para fontes de combustão são diferenciados em função do porte da fonte;

3.1- O ideal é que cada nova fonte instalada possa ser amostrada individualmente.
Caso haja impossibilidade de realização de medições individuais de acordo com a metodologia normatizada ou equivalentes aceita pelo órgão de controle ambiental, estas poderão ser efetuadas no duto ou chaminé comum e os limites de emissão devem ser ponderados individualmente com as respectivas potências térmicas nominais das fontes em questão para o cálculo do novo limite de emissão resultante conforme o exemplo a seguir:

$$LEres = \frac{\sum_{1}^{n} PNn * LEn}{\sum_{1}^{n} PNn}$$

LE_{res} = limite de emissão resultante
PN = potência térmica nominal
LE = limite de emissão individual

Por exemplo:

Caldeira 1 – potência térmica nominal = 5 MW e LE = 300 mg/Nm^3 para MP
Caldeira 2 – potência térmica nominal = 35 MW e LE = 250 mg/Nm^3 para MP

$$LEres = \frac{5*300+35*250}{5+35} = 256{,}3 mg/Nm3$$

3.2- Quando a fonte de combustão utiliza mais de um tipo de combustível, o limite de emissão da fonte deve ser calculado como a média ponderal da energia fornecida por cada combustível.

Por exemplo:

Limite de emissão de NOx para Gás : 200 mg/Nm3
Limite de emissão de NOx para óleo : 1000 mg/Nm3
% DA ENERGIA FORNECIDA PELO GÁS : 40%
% DA ENERGIA FORNECIDA PELO OC: 60%
Limite de emissão da fonte : 200 *40% + 1000 *60% = 680 mg/Nm3

3.3- Os fornos, incineradores e caldeiras devem ter medidores de vazão de seus combustíveis, analisadores de oxigênio e medidores de temperatura do ar de combustão (quando houver pré-aquecimento).
Estes dados são importantes para suprir as informações que alimentam o SIGEA e são informações importantes para o acompanhamento das amostragens de chaminé.
Cabe ressaltar que os resultados das amostragens de Chaminé devem sempre ser analisados de forma coordenada pelas gerências de otimização, operação e SMS das unidades de negócio.
É importante saber que quanto maior a temperatura do ar de combustão maior a formação de NOx.

4. Limites Recomendados Para Fontes de Combustão em Refinarias

4.1- Caldeiras, fornos e incineradores queimando combustível liquido

Tabela 1 - Limites de emissão para poluentes atmosféricos gerados em processos de geração de calor a partir da combustão externa de óleo combustível propostos na resolução CONAMA em fase de elaboração:

	mg/Nm3		
Potência térmica nominal (MW)	**MP***	**NOx** (como NO2)*	**SOx** (como SO2)*
≤10	300	1600	2700
Entre >10 e ≤70	250	1000	2700
>70	100	1000	1800

(*) Todos os limites estão considerando base seca e 3% de excesso de oxigênio.

Observações :

(a) Os limites de emissão propostos acima foram estabelecidos considerando o impacto do elevado teor de N do óleo nacional.
Foram considerados para estabelecer estes limites, teores de N entre 0,8 e 1,2% em peso.
A questão da emissão de NOx é muito problemática em algumas regiões do país, devido às freqüentes ultrapassagens de padrão de qualidade do ar para Ozônio. Assim, embora os limites de emissão regulados sejam os expostos na tabela acima, poderá ser difícil em algumas regiões do país licenciar a queima de óleo mesmo nos limites propostos acima.
Especificar queimadores Low NOx para óleo combustível, buscando conseguir emissões menores.

(b) Os limites de emissões de SOx propostos consideram um teor máximo de enxofre no óleo de 1% (p) para fontes acima dos 70 MW e 1,5% para fontes menores. No entanto, de acordo com a portaria ANP 80 DE 30/4/1999 há restrições de queima de óleo com teores acima de 1% em fontes de qualquer porte em algumas regiões metropolitanas.

(c) É fundamental o acompanhamento analítico rotineiro tanto do Enxofre quanto do Nitrogênio do óleo combustível.

(d) (e) Para sistemas com potência de até 10 MW, poderá o órgão ambiental aceitar a avaliação periódica apenas de monóxido de carbono, sendo que neste caso, o valor máximo permissível para a emissão deste poluente será de 80 mg/Nm3.-

4.2- Caldeiras, fornos e incineradores queimando Gás de Refinaria

Tabela 2 - Limites de emissão para poluentes atmosféricos gerados em processos de geração de calor a partir da combustão externa Gás Natural:

Potência térmica nominal (MW)	**MP***	**NOx** (como NO_2)*	**SOx** (como SO_2)*
≤10	150	320	70

Entre >10 e ≤70	125	320	70
>70	50	200	70

(*) Todos os limites estão expressos na unidade de concentração mg/Nm^3, em base seca e 3% de excesso de oxigênio.

É recomendável que os novos queimadores para fornos de qualquer porte sejam especificados para um limite de emissão de NOx de 165 mg/Nm3 @ 3% O2 base seca.

Observações :

(a) O limite para SOx proposto exige que o teor máximo de H2S no gás de refinaria esteja na faixa dos 300 ppmv (aproximadamente) . No entanto, nos requisitos do AB-CR/SMS para o IEA estabelecem que o limite ideal é de 100 ppmv.

(b) Reforça-se que não poderá haver queima de qualquer gás residual em fornos e caldeiras

(c) O acompanhamento de H_2S do gás combustível deve ser muito mais intensificado do que é hoje.

4.3- Turbinas a Gás

4.3.1- Queimando Gás Natural

Tabela 3 - Limites de emissão para poluentes atmosféricos gerados em turbinas a Gás Natural:

	ppmv			
Potência térmica nominal (MW)	**MP***	**NOx (**como NO_2**)***	**SOx (**como SO_2**)***	**CO***
> 100MW (ver observação)	NA	25	NA	50

(*)base seca, 15% O2

4.3.2- Queimando Combustível de emergência (Diesel,...)

Tabela 4 - Limites de emissão para poluentes atmosféricos gerados em turbinas a Gás Natural, usando combustível auxiliar, que estão na resolução CONAMA em fase de elaboração:

	ppmv		**mg/Nm3**	
Potência térmica nominal (MW)	**MP***	**NOx (**como NO_2**)***	**SOx (**como SO_2**)***	**CO**
> 100MW (ver observação)	50	65	200	Não definido

(*)base seca, 15% O2

(**)base seca, 15% O2

Observação: De acordo com o texto proposto na resolução CONAMA, os limites aqui definidos são "os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos gerados por turbinas movidas a gás natural ou combustíveis líquidos, em ciclo simples ou ciclo combinado, sem queima suplementar, com potência elétrica acima de 100 MWe, destinadas à geração de energia elétrica.
No entanto, esta previsto que quando a somatória total de geração por empreendimento for superior a 100 MWe, os limites aqui estabelecidos também são requeridos para cada turbina individualmente, independentemente de sua capacidade de geração."

5. Limites para Unidades de FCC – Craqueamento catalítico

Tabela 5 - Limites de emissão para poluentes atmosféricos gerados em processos caldeiras de monóxido de carbono ou recuperadoras dos gases dos regeneradores das Unidades de FCC:

mg/Nm3		
MP*	**NOx** (como NO2)*	**SOx** (como SO2)*
104 mg/Nm^3	1.000 mg/Nm^3	500$^{(**)}$ mg/Nm^3

(*) Todos os resultados devem considerar base seca e **3%** de excesso de oxigênio.
(**) Existe ainda a possibilidade que este limite suba para 600 mg/Nm^3.
Obs.: O limite de material particulado deve ser verificado pela metodologia de análise especifica para UFCCs (referência – EPA 5F).

6. Limites para URE - Unidades de Recuperação de Enxofre
Estará explicito na resolução que as novas UREs devem ser projetadas para uma eficiência de recuperação de enxofre de no mínimo 98%.

No entanto, para efeito de acompanhamento, a taxa de emissão máxima da URE durante toda a campanha deverá garantir uma eficiência mínima de 96%.

A taxa máxima deverá então ser determinada no momento do licenciamento da unidade, pela seguinte fórmula :

$$TE\ SOx = Sp * ((100- Ef) / Ef)* PM\ SO_2 / PM\ S$$

Onde:

Sp = Taxa de Produção de Enxofre prevista para a Unidade, (massa S produzido / período de tempo);

Ef - Eficiência de recuperação de enxofre esperada – 96%;

TE SOx - Taxa máxima de emissão da URE (massa SOx, expressos como SO2 / período de tempo);

PM SO2 – 64 kg/kgmol

PM S – 32 kg/kgmol

Por exemplo:
URE licenciada para produzir 50 t/dia de S.
O limite de emissão de SOx (expresso em SO_2) é :
50 (t/dia) *(100-96)/ 96 *64/32 = 4,08 t/dia de SOx.

Observações e Recomendações:

(a) O órgão ambiental licenciador pode exigir não apenas o atendimento a taxa máxima de emissão como a comprovação da eficiência. Sendo assim a demonstração efetiva do acompanhamento da eficiência da URE poderá ser exigida;

(b) As UREs instaladas devem prever facilidades que permitam o acompanhamento de sua eficiência , ou seja, pontos para analisar a carga, analisadores de relação SOx/H_2S e em alguns casos os órgãos ambientais exigirão um monitoramento contínuo em chaminé para SOx;

(c) Algumas UREs atuais apresentam dificuldades para a amostragem de gases de combustão no incinerador, em função da baixa velocidade dos mesmos. Como esta amostragem será fundamental para a comprovação do atendimento legal da unidade, devem ser tomados cuidados no projeto das chaminés para evitar repetir estes problemas;

(d) Caso a retirada de operação da URE provoque alteração na qualidade do ar da área de influência de forma a extrapolar o padrão de qualidade do ar, a refinaria poderá ser exigida a reduzir carga. Sendo assim, as Refinarias devem avaliar a necessidade de novas UREs com flexibilidade para operar durante a parada de uma unidade, evitando o envio do gás ácido para Flare;

(e) É comum ser necessário uma unidade de Tail Gás para aumentar a eficiência para 99,5% de recuperação de enxofre. Recomenda-se que mesmo com esta unidade, os compromissos com o órgão ambiental se restrinjam a no máximo 98% de eficiência de recuperação de enxofre, garantindo as situações de flutuação da unidade.

7. Limites para Conversor de Amônia à Nitrogênio

O conversor de amônia é um equipamento complementar de algumas Unidades de Tratamento de Águas Ácidas que possuem duas torres de esgotamento.
É uma alternativa para receber a corrente de Gás Amoniacal que é esgotado na segunda torre de esgotamento de águas ácidas. Evita-se com este equipamento que está corrente, que contem NH_3 e um pouco de H_2S seja queimada em Flares, caldeiras ou fornos.
O equipamento é projetado para, destruir 98% da amônia que entra, emitindo baixo NOx. Todo o H_2S que entra, é queimado a SOx.

7.1- Limites estabelecidos

Limite de emissão de NOx – 700 mg/Nm3 a 1% de O_2, BS , expressos em NO_2

Eficiência de destruição de Amônia – 98%

7.2- Taxa de SOx

Em cada licenciamento é estabelecida uma taxa de emissão de SOx, visto que a mesma será função da quantidade de H_2S que estiver presente na água ácida que é tratada na segunda torre de esgotamento.

A taxa de emissão máxima deve ser calculada em função da carga de H2S de projeto da unidade de águas ácidas que alimenta a unidade. As unidades de águas ácidas que contém duas torres de esgotamento devem ser projetadas de forma que pelo menos 90% do H_2S que entra na unidade seja esgotado na primeira torre de esgotamento seja enviado para a URE.

7.3- Metodologia para definição da taxa máxima de emissão de SOx

T SOx – taxa máxima de emissão de SOx expressos em massa de SO2 por período de tempo

T H2S – taxa de H2S prevista como carga da unidade de águas ácidas no momento do licenciamento da unidade

PM H2S – peso molecular do H2S, 34 kg/kgmol

PM SO2 – peso molecular do SO2, 64 kg/kgmol

T SOX = T H2S * 10% * PM SO2/ PM H2S

Por exemplo:

Uma unidade de águas ácidas licenciada para tratar 100 t/mês de H2S.

T SO2 conversor = 100 (t/mês)* 10% *64/34

T SO2 conversor = 18,8 t/mês de SOX, expressos em SO2.

8. Conclusões

Algumas das recomendações contidas neste documento são boas práticas de operação que embora não estejam contidos em nenhuma resolução, vêm sendo cobradas por alguns órgãos ambientais.

ANEXO 3 Referência Petroleum Refining, Pollution Prevention and Abatement Handbook emitido pelo WORLD BANK GROUP (July 1998)

a- Waste characteristics

Boilers, process heaters, and other process equipment are responsible for the emission of particulates, carbon monoxide, nitrogen oxides (NOx), sulfur oxides (SOx), and carbon dioxide.
Catalyst changeovers and cokers release particulates.
Volatile organic compounds (VOCs) such as benzene, toluene, and xylene are released from storage, product loading and handling facilities, and oil-water separation systems and as fugitive emissions from flanges, valves, seals, and drains.
For each ton of crude processed, emissions from refineries may be approximately as follows:

• Particulate matter: 0.8 kilograms (kg), ranging from less than 0.1 to 3 kg.
• Sulfur oxides: 1.3 kg, ranging 0.2–06 kg; 0.1 kg with the Claus sulfur recovery process.
• Nitrogen oxides: 0.3 kg, ranging 0.06–0.5 kg.
• Benzene, toluene, and xylene (BTX): 2.5 grams (g), ranging 0.75 to 6 g; 1 g with the Claus sulfur recovery process. Of this, about 0.14 g benzene, 0.55 g toluene, and 1.8 g xylene may be released per ton of crude processed.
• VOC emissions depend on the production techniques, emissions control techniques, equipment maintenance, and climate conditions and may be 1 kg per ton of crude processed (ranging from 0.5 to 6 kg/t of crude).

Accidental discharges of large quantities of pollutants can occur as a result of abnormal operation in a refinery and potentially pose a major local environmental hazard.

b- Practices for Reduction of Air Emissions

• Minimize losses from storage tanks and product transfer areas by methods such as vapor recovery systems and double seals.
• Minimize SOx emissions either through desulfurization of fuels, to the extent feasible, or by directing the use of high-sulfur fuels to units equipped with SOx emissions controls.
• Recover sulfur from tail gases in high-efficiency sulfur recovery units.
• Recover non-silica-based (i.e., metallic) catalysts and reduce particulate emissions.
• Use low-NOx burners to reduce nitrogen oxide emissions.
• Avoid and limit fugitive emissions by proper process design and maintenance.
• Keep fuel usage to a minimum.

ANEXO 4 Referência Establishment of a program for prevention, detection and control of fugitive emissions - Valves

2.3.11 Valves

Valves are widely used on installations for controlling or preventing the flow of gases and liquids. The choice and design of valves is very specific to the application, although in general terms the most common valve types are gate, globe, plug and control. Valve internal parts are usually actuated externally and this necessitates an operating stem. The loss of process fluid from valves is usually prevented by the use of a packed gland seal, in a similar manner to pumps, but under the influence of heat, pressure, vibration and corrosion the packing can lose its integrity and allow leaks.

These losses can be reduced by the use of bellows or diaphragms to isolate valve actuation from the process fluids. However, bellow valves are significantly more expensive than gate valves and their size may pose piping layout problems. Likewise, the use of diaphragm valves may be restricted by the pressures, temperatures and corrosive environments typically encountered in LVOC plants.

The use of packed valves incorporating live loading spring assemblies mounted on the gland bolts compensates normal packing relaxation or the effects of thermal cycling and vibration. Valve Live Loading offers considerable improvements in long-term 'sealability' on rising stem gate valves, globe valves and regulating control valves. In the USA Valve Live Loading is deemed as MACT (Maximum Achievable Control Technology) "equivalent to" a bellows valve. On frequently operated rising stem valves (most problematic) Live Loading offers a considerable improvement in long term emissions performance (< 500PPM for 3 - 5 years) [European Sealing Association, 2001 #152].

Establishment of a program for prevention, detection and control of fugitive emissions – Flanges

minimising the number of flanged connections on pipelines and the use of high specification jointing materials. Flanges should be minimized and high integrity sealing materials should be used and should be fire safe materials. In some critical services, particularly where thermal cycling or possible vibration may exist, flange disc springs can be mounted under the flange bolts to compensate for the effects of thermal cycling and gasket relaxation. Such solutions combined with high performance sealing materials can provide emissions performance of <500 ppm for periods of 3-5 years. Often heat exchangers are not given a separate consideration in the discussion of fugitive emissions. On a typical refinery there can be several hundred heat exchangers. Due to the size of these flanged connections, the large no. of bolts involved, the non uniform temperature on the flange and the thermal cycling conditions under which many operate, it is recommended that flange disc springs are fitted under the nuts of the bolts to maintain a constant gland load on the sealing material. Heat exchangers have a far greater tendency to leak than normal pipe flanges due to their dimensions and particularly in thermal cycling conditions. High integrity sealing materials are recommended and not the standard typical metal jacketed gaskets as indicated in the design codes.