



IBP1536_07

CONDENSAÇÃO BIFÁSICA DE VAPORES ORGÂNICOS EMITIDOS POR OPERAÇÕES DE TRANSFERÊNCIA EM TANQUES DE ESTOCAGEM DE COMBUSTÍVEIS E SOLVENTES ORGÂNICOS

Domenico Capulli, Vanessa Novello²

Este Trabalho Técnico foi preparado para apresentação na *Rio Pipeline Conference & Exposition 2007*, realizada no período de 2 a 4 de outubro de 2007, no Rio de Janeiro. Este Trabalho Técnico foi selecionado para apresentação pelo Comitê Técnico do evento, seguindo as informações contidas na sinopse submetida pelo(s) autor(es). O conteúdo do Trabalho Técnico, como apresentado, não foi revisado pelo IBP. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões do Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás, seus Associados e Representantes. É de conhecimento e aprovação do(s) autor (es) que este Trabalho Técnico seja publicado nos Anais da *Rio Pipeline Conference & Exposition 2007*.

Resumo

As operações de carga e descarga de derivados de petróleo, a partir de tanques de armazenamento para navios petroleiros, vagões ferroviários e caminhões-tanque, bem como destes para tanques atmosféricos de superfície ou subterrâneos e destes para os tanques de veículos automotores através de bicos das bombas de abastecimento de combustíveis, são a maior fonte de emissão de Compostos Orgânicos Voláteis – COV do planeta. No Brasil, são estimados cerca de 315.000 litros de vapor liberados diariamente para o meio ambiente, a partir de perdas na vaporização em tanques de teto fixo e flutuante, nas operações de transferências ao meio de transporte e na redistribuição até o consumo final.

Uma negligência histórica com estas emissões, cujo impacto dilui-se ao longo de todos os agentes da cadeia produtiva, associada ao reduzido volume de investimentos no mercado em sistemas de controle, à dificuldade de manipularem-se atmosferas com contaminantes contendo poluentes com tão elevada pressão de vapor e ausência de legislação ambiental provocaram uma estagnação tecnológica quanto aos sistemas de condensação e recuperação destas frações vaporizadas, que são as perdas mais irracionais, pois o produto sequer foi empregado no seu uso-fim.

O forte impacto ambiental, haja vista tratar-se de poluentes de difícil degradação natural, induziu nos países com legislação mais efetiva o desenvolvimento de sistemas de captação e recuperação dos vapores orgânicos. Historicamente dispõe-se de mangueiras coletoras dos vapores, re-injeção nos tanques de teto fixo ou o processamento com vistas à recuperação ou destruição térmica. A reduzida disponibilidade mundial de tecnologias eficientes certificadas BADCT (“Best Available Demonstrated Control Technology”) induz ao desenvolvimento de inovadora tecnologia de centrifugação bifásica multiventuri consorciada com ciclo de refrigeração, permitindo a recuperação dos vapores com um quociente mais favorável na relação custo x recuperação de produto/ valor econômico do produto recuperado. Haja vista que este sempre apresentou valores muito elevados, independentemente da questão de conduta ambientalmente correta que com certeza hoje afirmamos se sobrepõe a esta correlação financeira, trata-se de um custo do processo.

Abstract

The load operations and discharge of derivatives of oil from tanks of storage for oil ships, railroad wagons and truck-tank, as well as of these for atmospheric tanks of surface or underground and these for the tanks of auto machine vehicles through peaks of the bombs of fuel supplying, are the biggest source of Volatile Organic Composite emission - VOC of the planet. In Brazil they are esteem about 315.000 liters of vapor set free daily, for the environment, from losses in the vaporization in tanks of fixed and floating ceiling, in the operations of transferences to the way of transport and in the redistribution until the final consumption. A historical recklessness with these emissions, whose impact dissolves throughout all the agents of the productive chain, associated to the reduced volume of investments in the market in control systems, the difficulty to be manipulated atmospheres with contaminants contend pollutant with

Engenheiro Químico – Capmetal Indústria e Comércio Ltda

² Estagiária de Engenharia Química – Capmetal Indústria e Comércio Ltda.

so high vapor pressure and absence of ambient legislation had provoked a technological stagnation how much to the systems of condensation and recovery of these pulverized fractions that are the losses more irrational therefore the product at least was used in its use end. The strong ambient impact has seen to be about pollutants of difficult natural degradation induced in the countries with legislation more effective the development of capitation systems and recovery of organic vapors. Historically is made use of collecting hoses of vapors, reinsertion in the tanks of fixed ceiling or the processing with sights recovery or thermal destruction. The reduced world-wide availability of efficient technologies certified BADCT (“Best Available Demonstrated Technology Control”) induces the development of innovative technology of two-phase centrifugalization multiventuri joined with refrigeration cycle allowing the recovery of vapors with a more favorable quotient in the relation cost product recovery economic value of the recouped product, has since this always very presented high values, independently of the question of ambient correct behavior that with certainty today we affirm if to overlap to this financial correlation, is about a cost of the process.

1. Introdução

A manipulação da maior riqueza tem seus efeitos ambientais deletérios

O petróleo, a maior riqueza da atualidade, é também a de maior impacto nas questões ambientais da sociedade moderna, ocupando a primeira e a segunda posições no ranking das maiores fontes poluentes geradas pela atividade humana.

O uso de derivados do petróleo requer uma capilaridade de distribuição mundial equivalente à dos gêneros de primeira necessidade como o leite e o pão, sendo esta distribuição para estocagem, operações de transferência para carga/descarga e distribuição “in natura” dos destilados de petróleo, a segunda maior fonte de poluentes atmosféricos, depois da combustão destes.

“No Brasil, nossos níveis atuais de destilação de 2.000.000 barris/dia de petróleo provocam a vaporização de aproximadamente 315.000 l/dia, sendo a maior fonte de emissão de Compostos Orgânicos Voláteis. Segundo dados da ANP em 2006, somando as capacidades das refinarias implantadas no Brasil, foram produzidos 3.361.096,68 m³/dia de derivados de petróleo, sendo 280.848.000l /dia na fase líquida”.

Essa capacidade de produção de derivados de petróleo inclui: asfalto, coque, gasolina aditivada, gasolina comum, parafina, nafta, querosene de aviação (QAV), GLP, gasolina de aviação, óleo combustível, solvente, , lubrificantes, gás natural entre outros. Desta grade de produtos, percebemos que temos alguns com menor taxa de emissão como o petróleo bruto, coque, asfalto e parafina, e outros com elevadíssima pressão de vapor como gasolina, solventes BTX –Benzeno -Tolueno-Xileno e nafta. Este fato gera requerimentos técnicos extremos para viabilizar a recuperação dos COV, com equivalente apropriação de recursos energéticos e econômicos. A própria distribuição geográfica dos pólos produtores já nos dá uma noção dos requerimentos de distribuição para atender este país-continente, mesmo com o uso de oleodutos para macro transferências.

A emissão dos gases de combustão tem seus efeitos deletérios conhecidos e estes são os maiores responsáveis pelos dramáticos impactos provocados pelo aquecimento do planeta gerado pelo efeito estufa; já as emissões “in natura” de vapores combustíveis nas transferências têm-se mostrado nocivas ao ser humano com conseqüências graves, como demonstrou o estudo descrito no artigo: “Acute Childhood leukemia and environmental exposure to potential sources of benzene and other hydrocarbons: a case of control study“, da Revista “Occupational Environmental Medicine de 2004 números 61:727”. Nesta publicação constata-se que:

“Leucemia da infância e exposição ambiental aos hidrocarbonetos” :

Apesar da evidência que liga a leucemia aguda nos adultos à exposição ocupacional em ambientes com contaminantes contendo COV, incluindo o benzeno, poucos fatores de risco foram identificados para a leucemia aguda nas crianças. Neste estudo de France Steffen(P. 773) e colegas, usaram-se dados das entrevistas com pais para examinar associações de fontes ambientais possíveis dos hidrocarbonetos com leucemia aguda na infância, em 280 casos e 285 controles. Relata-se que as crianças que vivem perto das estações de petróleo ou das lojas de reparo do automóvel tiveram um risco substancialmente mais elevado de contrair leucemia aguda, que aumenta com a proximidade da residência a essas instalações. Embora os autores sugiram que a confirmação é necessária, estas descobertas são de interesse dos postos, pois o abastecimento do automóvel é a fonte principal da exposição pública ao benzeno. “

A principal preocupação quanto à exposição da população a esses compostos orgânicos voláteis é o mal que eles podem fazer à saúde, principalmente das crianças. Um dos principais males a que somos expostos são os solventes orgânicos - que possuem potencial carcinogênico comprovado - face à sua ação no SNC (sistema nervoso central)



Figura 1 e 2: Fontes de Benzeno e outros hidrocarbonetos prejudiciais às crianças, segundo estudo francês.

Os solventes orgânicos são obtidos do refino do petróleo cru, para uso industrial, comercial e doméstico. Estes produtos químicos líquidos à base de carbono são utilizados para dissolver outras substâncias orgânicas nas indústrias química, farmacêutica, de tintas e de semicondutores. Os mais nocivos são benzeno ou benzol, dissulfeto de carbono, tricloroetileno, estireno, tolueno e xileno, cujos limites de exposição e características de emissão estão na tabela abaixo (Fonte “Manual de Limites de Exposição (TLVs) para Substâncias Químicas e Agentes Físicos, American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 2002”):

Tabela 1: Caracterização dos Compostos Orgânicos Voláteis, Limite de Exposição e Efeitos Nocivos

Substâncias	Limite percepção de Odor	Pressão Vapor (40°C) kgf/cm ²	TLV/TWA TLV/STEL	Efeito Crítico
Aromáticos mistos	20ppm	0,089	300ppm 500ppm	Irritação de mucosas vias respiratórias
Gasolina	-	0,600	300ppm 500ppm	Irritação, SNC
Nafta Petroquímica	-	-	300ppm -	Irritação, SNC
Querosene Aviação	1ppm	-	14ppm 14ppm	Irritação, SNC, pele
Óleo Diesel	-	-	100mg/m ³	Irritação, pele
Xilenos (C ₈ H ₁₀)	20ppm	0,077	100ppm 150ppm	Irritação
Tolueno (C ₇ H ₈)	-	0,043	50ppm -	SNC
Benzeno (C ₆ H ₆)	-	0,010	0,5ppm 2,5ppm	Câncer

Tricloroetileno (CICH = CCl ₂)	-	0,46	50 ppm 100 ppm	SNC; dor de cabeça, fígado.
Dissulfeto de carbono (CS ₂)	-	3,08	10 ppm	SCV; SN
Estireno (C ₆ H ₆ CH = CH ₂)	-	0,08	20 ppm 40 ppm	Neurotoxicidade; irritação; SNC

*Nota: Limites de exposição segundo ACGIH- American Conference of Governmental Industrial Hygienists; TLV-TWA (Threshold limit value -Time Weighted Average) Valor de concentração ponderada para exposição por 8h/dia, 40h/semana sem efeitos nocivos
TLV-STEL (Threshold limit value – Short Term Exposure Limit) Valor de concentração que se pode expor o ser humano repetidamente por curtos intervalos de tempo (15'), máximo quatro vezes ao dia, sem danos crônicos, irritação ou narcose.*

Os combustíveis normalmente comercializados não são substâncias puras e sim misturas de hidrocarbonetos como, por exemplo, a nafta petroquímica, com onze substâncias em percentuais caracterizados ou a gasolina com quatro. Há um compartilhamento das propriedades de acordo com o percentual de participação na mistura, exceto nas questões de odores que, em se tratando de propriedade sensorial, é muito variável em função do limiar de percepção, não aceitando modelagem matemática direta, pois varia de acordo com a sensibilidade do indivíduo, a exemplo de alergênicos cuja intensidade de reação é uma função específica e pessoal. Esta afirmação aplica-se aos efeitos nocivos causado pelos COV a operadores e vizinhos das instalações de manipulação de combustíveis e solventes orgânicos.

2. Diagnóstico das Fontes de Emissão de COV's nas Operações de Carga e Descarga de Combustíveis:

No Brasil há cerca de 30 mil postos comerciais de abastecimento de combustível em funcionamento, gerando um elevado somatório de COV expurgados pelos respiros (“Vent's”). As necessidades de intensos deslocamentos associados com o desenvolvimento e uso de grande parte dos meios de transporte acionados com motores de combustão interna determina um consumo que requer a destilação anual de 639.000.000 barris de petróleo. Segundo dados da ANP (Agência Nacional de Petróleo), em 2006:

Tabela 2: Produção de Derivados

Produção (litros por dia)	Produtos
280.000.000 litros	Derivados de Petróleo
73.000.000 litros	Gases Combustíveis
188.000 litros	Biodiesel
48.510.000 litros	Gás Natural
660.000 litros	Óleo Diesel

Estes volumes são transferidos por oleodutos a tanques de estocagem das bases de distribuição, localizadas, normalmente, nas cercanias das refinarias.

Com o objetivo de maximização da lucratividade aliada à grande visibilidade e preocupação com as questões ambientais e de saúde ocupacional, levantamos estudos em sistemas de carregamento de combustíveis a fim recuperar os vapores de combustíveis volatilizados in natura na atmosfera sem uso energético. A intensidade das emissões está relacionada à oscilação das condições climáticas locais de temperatura e agitação mecânica nas transferências dos produtos armazenados e às características físico-químicas dos mesmos, tais como sua pressão de vapor e ponto de fulgor. “Dados do Centro de Informação e Documentação do Instituto Brasileiro de Petróleo (IBP) indicam que as taxas de emissão variam de 35 mg/l a 238 mg/l, sendo que a primeira é constatada em parques de tanques de estocagem de derivados de petróleo e a segunda em linhas de transferência dos mesmos. Se as emissões de hidrocarbonetos excedem 35mg/l de produto carregado/descarregado, um sistema de controle de vapor deve ser instalado. Isto inclui linhas de coleta de vapor, esferas de armazenamento temporário de vapor e unidades de recuperação de vapor”.

“Segundo o Procedimento para Identificação de passivos ambientais em estabelecimentos com sistema de armazenamento aéreo de combustíveis (SAAC), Anexo V(a que se refere o artigo 1º, inciso V, da Decisão

nº010/2006/C), o diagnóstico das fontes de emissão dos vapores orgânicos de combustíveis no processo de carga e descarga está concentrado nas operações de:

1. . Carga/Descarga de combustíveis em navios e vagões ferroviários;
2. . Carga/Descarga de combustíveis em caminhões-tanque com capacidade de 30-40 m³ de produto;
3. . Respiros (vent's) dos tanques subterrâneos, de teto fixo e de teto flutuante utilizados no armazenamento de combustíveis;
4. . Operações de transferência para abastecimento para veículos automotores”;

Principalmente nas transferências de combustíveis dos tanques para vagões ferroviários ou caminhões-tanque, temos dois tipos de carregamento: carregamento por cima (top-loading) e carregamento por baixo (bottom-loading). Dentre os métodos, o carregamento por baixo, que se caracteriza pelo acoplamento dos braços de enchimento da base a conexões localizadas na parte inferior de cada compartimento do tanque, apresenta as vantagens de:

- a) Maior segurança para o operador; já que a operação se dá integralmente ao nível do solo;
- b) Maior segurança na operação, pois os bocais superiores dos compartimentos podem permanecer fechados, eliminando assim a emissão de vapores combustíveis que representa um dos maiores riscos nesta operação; havendo coletor de vapores com tramo principal acoplado ao retorno dos tanques de teto fixo ou a unidades de recuperação de vapores;
- c) Maior rapidez de operação, pois é possível enchimento simultâneo de mais de um compartimento;
- d) O carregamento por baixo gera menores emissões de COV em face de menor agitação mecânica e certa restrição ao fluxo dos vapores, havendo, entretanto, a emissão em concentrações mais elevadas.

De forma sintética, temos que as emissões estão disseminadas em todos os elementos da cadeia de distribuição, havendo grandes contribuições focais e de curto período nos carregamentos marítimos e emissões reduzidas, porém permanentes em cada abastecimento de veículo automotor.

Nossa abordagem sistêmica permite o desenvolvimento de soluções e dispositivos para todos os focos de emissão de Compostos Orgânicos Voláteis (COV), com recuperação de uso ainda que economicamente desequilibrado em alguns pontos, porém fundamental na concepção ambiental do sistema global de distribuição de combustíveis.

3. Tecnologia de Contenção e Captação de Vapores Orgânicos Voláteis de Combustíveis:

A constatação da reduzida disponibilidade de tecnologia BADCT (“Best Available Demonstrated Control Technology”), isto é, as melhores tecnologias de controle comprovadamente existentes, nos estimularam a desenvolver e aplicar a tecnologia da centrifugação multiventuri, associada à criogenia, para recuperar por condensação as frações orgânicas volatilizadas nas operações de carga e descarga da cadeia de distribuição de combustíveis orgânicos líquidos.

Nosso macro conceito de captação dos COV's é fundamentado no uso de mangueiras coaxiais de abastecimento de automotores nos postos de distribuição com injeção nos tanques subterrâneos, de mangueiras de captação dos vapores dos tanques subterrâneos, conectadas ao tubo coletor de vapores dos caminhões-tanque nas operações de descarga de combustíveis. E ainda, coleta de vapores pelo mesmo tubo, nas operações de enchimento dos caminhões-tanque nas ilhas de carregamento das bases de distribuição, com a transferência do combustível para unidade de recuperação de vapores da planta de estocagem.

No fluxograma da figura 3 temos o processo que sintetiza as operações descritas acima.

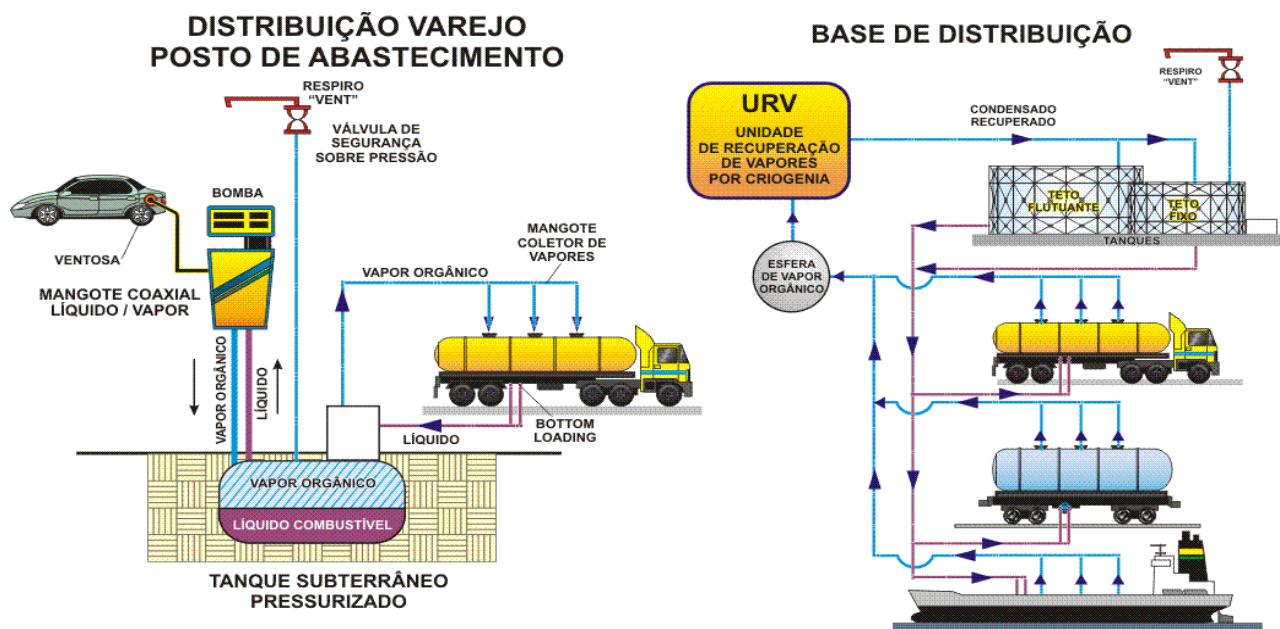


Figura 3: Esquema Simplificado do Fluxo da Cadeia de Distribuição dos Combustíveis.

Da análise acima podemos depreender que as operações com emissões são:

1. Vaporização no parque de tanques de estocagem, sendo os tanques de dois tipos:
 - Teto fixo, caracterizado pela admissão/emissão, pela válvula de respiro ("vent"), de volume de vapor idêntico ao de líquido descarregado/carregado e vice-versa. Cálculos estimativos indicam que após seis dias, 100% de vaporização do líquido terá ocorrido, se não houver reposição do volume.
 - Teto flutuante é muito mais eficiente na contenção da vaporização da fase líquida devido ao pequeno espaço de expansão do vapor sobre o líquido, sendo a emissão através dos espaços dos selos da seção flutuante e o teto. A substituição do teto fixo por flutuante nos tanques de gasolina reduz em mais de 90% as emissões de hidrocarbonetos para a atmosfera (Dados do IBP, centro de informação e documentação)".
2. Emissão nas operações de transferência do combustível, das ilhas de carregamento, para os navios, caminhões ou vagões-tanque, havendo variação volumétrica e de concentração nos tipos de carregamento por cima (top-loading) ou carregamento por baixo (bottom-loading).
3. Descarga dos caminhões-tanque nos postos de abastecimento de automotores, com emissão dos vapores contidos nos tanques subterrâneos.
4. Emissão dos vapores contidos nos tanques dos veículos por ocasião do abastecimento nos postos de distribuição a varejo.

Outro foco emissor é a carga de combustível feita pelos braços de carregamento de navios e de vagões férreos, com grandes deslocamentos volumétricos em curto espaço de tempo, gerando elevadas taxas de emissão.

Os coaxiais das bombas de abastecimento são o terminal capilar da cadeia, fazendo a coleta unitária dos vapores formados dentro do tanque do veículo. O coletor do caminhão-tanque capta os vapores armazenados no tanque subterrâneo do posto de distribuição e na base de distribuição. Assim, os vapores coletados são encaminhados para uma Unidade de recuperação de Vapores (URV). No Brasil, ainda não se faz uso de mangueiras coaxiais de carregamento de combustível em veículos, uma tecnologia racional difundida no Japão e Europa, com reduzidas taxas de emissão de COV.

Historicamente, as primeiras regulamentações datam de 1977, quando a EPA (Environmental Protection Agency), através da EPA450/2-77-026, estabeleceu "RACT control of hydrocarbons from tank truck gasoline loading terminals com limite de emissão em 80 mg COV/Litro de gasolina carregada, sendo em 1983 estes valores reduzidos para 35 mg COV/L de combustível transferido". A regulamentação da Emenda do "Clean Air Act" de 1990 (Clean Air Act Amendment of 1990 – CAAA) identifica o transporte e armazenamento de hidrocarbonetos voláteis como a maior fonte de poluição atmosférica. E como resultado, a EPA (Environmental Protection Agency) e as Agências de Regulamentações estaduais e federais, como a Guarda Costeira dos Estados Unidos (USCG), publicaram os regulamentos título 33 código de regulamentos federais (CFR) 154 e Navigation and Vessel Inspection Circular (NVIC) nº 1-96, pertinentes a sistemas de controle de vapores para operações de carregamentos marítimos. Estas regulamentações da USCG são exigências de segurança para garantir que projetos de controle de emissão de vapores

exigidos sejam implantados e operados de maneira a proteger os operadores, as embarcações marítimas e os terminais. Atualmente as regulamentações de alguns Estados Americanos estabelecem limites de emissão de COV bastante restritivo como em Los Angeles, de 1 mg COV/ litro de combustível carregado, aceitando-se 10 mg COV/litro na Califórnia ou 80 mg COV/litro de hidrocarboneto carregado no Colorado. Dentro desses parâmetros, a seleção da rota tecnológica é ponderada pela eficiência requerida pelas regulamentações locais.

“Muitas das tecnologias de controle disponíveis para o tratamento de emissões de hidrocarbonetos em navio-tanque são similares às usadas nas instalações de carga/descarga em caminhões e trens, havendo questões de escala para viabilização da escolha da tecnologia. Recomenda-se que as medidas de controle, tais como recuperação, destruição térmica ou recirculação de vapor, se instalem para reduzir emissões em 95% ou a um máximo de 10 mg/litro de carga. As tecnologias de controle devem reduzir em 98% a emissão de Benzeno. Estes critérios de emissão da Guarda Costeira Americana devem ser aplicados a qualquer terminal marítimo em que se maneje mais de 150.000 m³/ano de óleo cru ou 20.000 m³/ano de gasolina (segundo dados do site Transportes XXI, Navio-Tanque) “.



Figura 4: Braço férreo de carregamento, tecnologia racional com reduzidas taxas de emissão de COV.

4. Tecnologia de Condensação Bifásica de Vapores Orgânicos de Combustíveis:

“Se as emissões de hidrocarbonetos excedem 35 mg/l de produto carregado/descarregado, um sistema de controle de vapor deve ser instalado. Isto inclui linhas de restauração de vapor, unidades de destruição térmica de vapor e unidades de recuperação de vapor (dados do Centro de informações e documentação do IBP)”.

Mesmo nos dias atuais, poucas são as tecnologias certificadas de recuperação das frações orgânicas volatilizadas, sendo citadas a seguir apenas as com BADCT, (“Best Available Demonstrated Control Technology”), isto é, as melhores tecnologias de controle comprovadamente aplicadas, que são:

- Adsorção em leitos de carvão ativado com ciclo regenerativo por absorção integrado;
- Criogenia para condensação;
- Centrifugação Líquida refrigerada (“lean oil”) Multiventuri de Precipitador Hidrodinâmico;
- Lavadores de Gases Operando com Fluido Orgânico (“lean oil”) com Refrigeração Mecânica.
- Tecnologia de Membranas ou Peneiras Moleculares.

O nosso estudo descreve a inovação da extensão de uso da tecnologia de centrifugação líquida dos precipitadores hidrodinâmicos historicamente utilizada no controle de gases poluentes atmosféricos, na recuperação de COV’s condensáveis, originados na manipulação de carregamento de combustíveis e solventes em bases de distribuição.

“O cerne tecnológico dos precipitadores hidrodinâmicos é fundamentado na teoria de convergência da amplitude de vibração molecular de fluidos em função do seu estado físico e temperatura, com a sinergia de contato mecânico promovida pela centrifugação simultânea de fluidos bifásicos, gasoso e líquido. A inovação consiste em adotarmos como fluido líquido um solvente ou combustível orgânico de menor pressão de vapor como solubilizador dos vapores combustíveis, com a maximização dos índices de condensação das substâncias voláteis contidas no ar pelo uso da refrigeração em circuito paralelo indireto para resfriamento deste solvente, ou seja, transferência de massa induzida pela transferência de energia provocada pelo resfriamento criogênico do fluido solubilizador. Esta diferença de temperatura tem conexão direta ao estado de excitação molecular dos fluidos, e da eficiência do contato entre os gases e o líquido refrigerado que determinam a condensação dos vapores orgânicos (Catálogo da Capmetal 2002)”.

Conforme a Figura 5, nesta seqüência o fluxo gasoso é aspirado pelo precipitador hidrodinâmico, que através

de rotor centrífugo com perímetro multiventuri, dispõe da função autônoma de aspiração (“booster function”) dos COV’s, que serão misturados por centrifugação com um líquido refrigerado, por exemplo, óleo diesel, hexano, etc, provocando efeitos de condensação e drástica redução da pressão de vapor.

“A centrifugação é responsável pela mistura com elevação da energia cinética do líquido, pela aceleração dos dois fluidos ao perímetro, e pela multiplicação da área de contato obtida no fracionamento induzido pelas centenas de perfurações Venturi existentes no perímetro do rotor. Estas perfurações são responsáveis pela efetiva transferência de massa e energia promovendo a condensação de vapores e solubilização induzida pelo aumento da sinergia da pressão de contato obtida na centrifugação, é a nucleação catalisada pelo líquido orgânico refrigerado em recirculação. O líquido refrigerado em recirculação deve ser um óleo estável refrigerado (“lean oil”) recirculante que será submetido a um processo de enriquecimento com as frações mais leves de gasolina, por exemplo, este fluido enriquecido é purgado de forma cíclica com reposição do fluido mãe para reinício do ciclo de enriquecimento (Catálogo da Capmetal 2002)”. O líquido purgado deve ser encaminhado a tanque de fluido mais denso, por exemplo, óleo diesel. Não devemos entender como uma contaminação, pois como expomos na caracterização dos contaminantes, temos que os destilados em larga escala são uma mistura e o volume adicionado de fluido purgado é irrisório quando comparado aos volumes processados.

“A recuperação de COV’s fundamentada na tecnologia de centrifugação líquida refrigerada dos precipitadores Hidrodinâmicos não gera elementos ou resíduos a serem descartados, a despeito de outras tecnologias como carvão ativo saturado e com memória seletiva para tolueno que devem ser incinerados, gerando poluição secundária com impacto no efeito estufa e saturação térmica da bacia aérea da região de sua destinação final (Catálogo da Capmetal 2002)”.

A outra tecnologia competitiva é a de peneira molecular, que ainda tem restrições de uso para combustíveis e consumo de energia operacional elevado.

Outro fator determinante na seleção da rota tecnológica é quanto à aplicabilidade múltipla para operações com petróleo contendo condensáveis de alto peso molecular como alcatrão, gás sulfídrico, residuais de água que inviabilizam o uso da tecnologia de carvão ativo ou de membranas, face aos riscos de empastamentos obstrutivos destes compostos. A tecnologia da centrifugação multiventuri com líquido orgânico refrigerado diferencia-se pelo equilíbrio na relação custo – benefício, onde destacamos as dimensões compactas, o custo de investimento estimado entre US\$ 450/m³/h de hidrocarboneto carregado em bases de pequeno porte e US\$ 2000/m³/h de hidrocarboneto carregado em bases de grande porte, flexibilidade operacional com distintos vapores e contaminantes e ausência de elementos descartáveis poluentes.

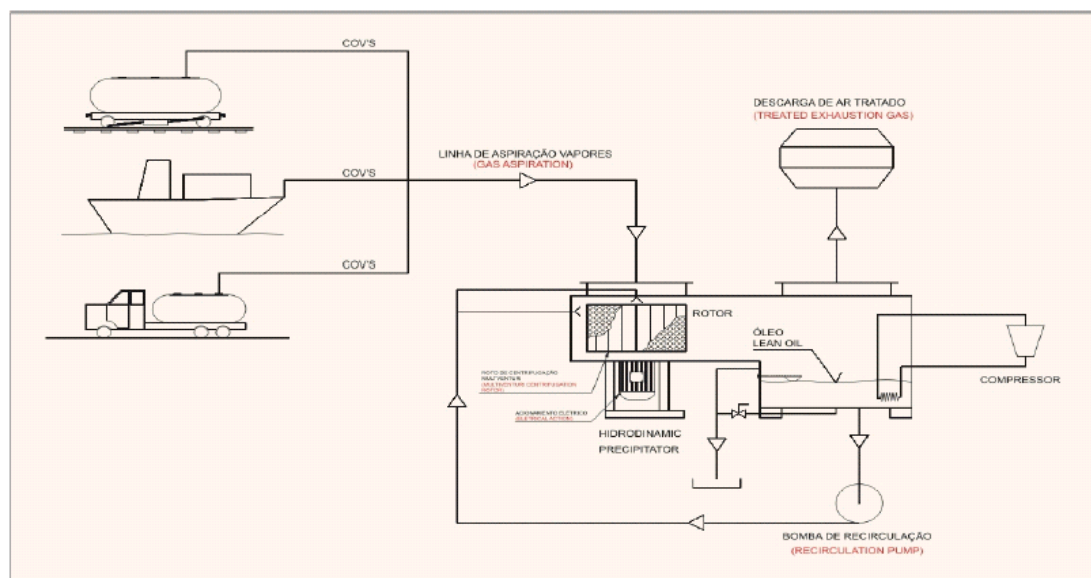


Figura 5: Precipitador Hidrodinâmico em Ciclo Líquido Refrigerado aplicado em Sistema de Recuperação de COV’s.

A nível de comparação, são apresentados custos de algumas tecnologias de tratamento dos COV's mencionados anteriormente:

- “Tecnologia de membrana para recuperação de vapores requer um investimento de US\$ 2, 660.00/m³/h de hidrocarboneto carregado em bases de médio porte (Custo da Empresa Borsig- Membrane Technology)”.
- “Absorção com carvão ativado: para uma base de grande porte seriam gastos cerca de US\$ 710/m³/h de hidrocarboneto carregado em bases de grande porte, excluído o custo de descarte de carvão saturado e reposição do

novo leito a cada dois anos no máximo salvo descarte compulsório por obstrução dos poros pela presença de condensados de alcatrão (Custo da Empresa Capmetal Indústria e Comércio LTDA)”.

5. Conclusão:

Somente a imposição da legislação ambiental pode encorajar e determinar a incorporação deste custo de investimento e operacional no plano de negócios da cadeia de distribuição de combustíveis no Brasil, a exemplo do alcançado pela Guarda Costeira dos Estados Unidos, que semeou um novo mercado de tecnologias de captação e recuperação de COV'S (Compostos Orgânicos Voláteis).

Da análise dos argumentos apresentados podemos inferir que a inexistência de uma legislação rigorosa associada a adversidades da pressão de vapor dos fluidos combustíveis foram determinantes na estagnação tecnológica de equipamentos e dispositivos eficazes e competitivos. Os custos operacionais são também bastante elevados e os volumes recuperáveis pequenos, mesmo em nosso clima tropical, onde se tende a alcançar valores de vaporização mais elevados, quando comparados com os efetivamente distribuídos ao longo dos diversos entes da cadeia de distribuição.

A tecnologia de condensação de vapores orgânicos voláteis através do emprego da centrifugação com líquido orgânico refrigerado dos precipitadores hidrodinâmicos são uma semente da inovação tecnológica num mercado latente e adormecido pela tolerância reguladora da legislação ambiental, haja vista sua competitividade econômica, flexibilidade operacional e ausência de contaminações secundárias.

6. Referências:

- Agência Nacional de Petróleo, ANP, web.
- BATTYE, W., BROWN, P., MISENHEIMER, D., SEUFERT, F., Control of Hydrocarbon Emissions from Gasoline Loading by Refrigeration Systems.
- Bulk Gasoline Terminals-Background Information for Proposed Standards, EPA-450/3-80-038a&b, U.S.Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC, 1980.
- Code of Federal Regulations, Protection of Environment, Title 40, part 80- Regulation of Fuels and Fuel additives, U.S.Government Printing Office, Washington,DC.
- Cyro-Condap, Air Products web
- Impactos Ambientais do Refino de Petróleo, Cap. 3 As Emissões Atmosféricas.
- Instituto Brasileiro de Petróleo, IBP, Centro de Informação e Documentação.
- Instituto Brasileiro de Petróleo, IBP, web.
- Lean Oil Absorption Vapor Recovery Equipment, Warner Nicholson Engineering web.
- Manual de Limites de Exposição (TLVs) para Substâncias Químicas e Agentes Físicos, American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 2002.
- Marine Vapor Recovery, Chevron web.
- MESQUITA, ARMANDO LUIS DE SOUZA, Engenharia de Ventilação Industrial, CETESB, 1988.
- “Occupational Environmental Medicine de 2004 nº 61:727”, web.
- PERRY&CHILTON, Manual de Engenharia Química, 5º ed, Guanabara Dois, 1980.
- Precipitadores Hidrodinâmicos, catálogo Capmetal, 2002.
- Procedimento para Identificação de passivos ambientais em estabelecimentos com sistema de armazenamento aéreo de combustíveis (SAAC), Anexo V(a que se refere o artigo 1º, inciso V, da Decisão nº010/2006/C), web.
- STEPHEN A. SHEDD, Gasoline Marketing- Air Pollution Engineering Manual, Air&waste Management Association, Van Nostrand Reinhold, New York, 1992.
- STERN, A.C., Air Pollution, 3rd. edition, Vol. VII, Academic Press, Orlando, FL, 1986.
- Transportes XXI, Navio-Tanque, web.