

FRANCIMAR VASCONCELOS TORRES,
JOSÉ ADOLFO XIMENES AGUIAR FILHO E
PATRÍCIA ELISA BAUML MERLIN

ESTUDO DE CASO: INDICAÇÃO DO USO DE RESPIRADORES EM
UMA INDÚSTRIA QUÍMICA NA ÁREA DE PRODUÇÃO DE
HIDROCARBONETOS

São Paulo
2008

FRANCIMAR VASCONCELOS TORRES,
JOSÉ ADOLFO XIMENES AGUIAR FILHO E
PATRÍCIA ELISA BAUML MERLIN

**ESTUDO DE CASO: INDICAÇÃO DO USO DE RESPIRADORES EM
UMA INDÚSTRIA QUÍMICA NA ÁREA DE PRODUÇÃO DE
HIDROCARBONETOS**

Monografia apresentada ao Curso
Especialização em Higiene Ocupacional -
EAD, da Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo, para
obtenção do Título de Higienista
Ocupacional.

Área de Concentração:
Engenharia de Segurança e Medicina do
Trabalho

São Paulo
2008

MHO 20080

DEDALUS - Acervo - EPMI



31700004250

FICHA CATALOGRÁFICA

Aguiar Filho, Jose Adolfo Ximenes

Indicação do uso de respiradores em uma indústria química
Na área de produção de hidrocarbonetos / J.A.X. Aguiar Filho,
F.V.Torres, P.E.B. Merlin. -- São Paulo, 2008.
58p.

Monografia (Especialização em Higiene Ocupacional). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Programa de Educação Continuada em Engenharia.

1.Indústria química 2.Saúde ocupacional I.Torres, Francimar Vasconcelos II.Merlin, Patricia Elisa Bauml III.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Programa de Educação Continuada em Engenharia IV.t.

DEDICATÓRIA

Dedicamos esta monografia aos nossos pais e ao corpo docente do Curso de Higiene Ocupacional - EAD, da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

RESUMO

O reconhecimento da presença de agentes químicos potencialmente perigosos, nas áreas de produção de hidrocarbonetos de uma indústria química, motivou o estudo de caso proposto nesta monografia. Os atuais sistemas, métodos operacionais e de segurança, implantados nesta indústria, buscam o controle da exposição aos contaminantes gerados no processo. Mesmo assim, em algumas situações de rotina, os trabalhadores podem entrar em contato com estes agentes químicos. Com a realização de avaliações qualitativas e quantitativas de todos os contaminantes químicos presentes no processo de produção, foi possível identificar, por grupo homogêneo de exposição, quais agentes químicos poderiam oferecer risco à saúde dos trabalhadores. Os dados obtidos, tratados estatisticamente, mostraram que as exposições ocorriam dentro os níveis de exposição aceitáveis e seguros para a maioria dos trabalhadores, segundo os limites de tolerância da Norma Regulamentadora NR-15 do Ministério do Trabalho e Emprego. Ainda assim observou-se que fatores como efeitos toxicológicos combinados, efeitos nocivos advindos das suscetibilidades individuais, ou os riscos e os desconfortos pela habitual exposição às substâncias com características irritantes ou degenerativas, necessitavam de um controle mais eficiente para a manutenção da saúde dos trabalhadores. A indicação de respiradores adequados, para proteção individual dos trabalhadores, surgiu então como solução definitiva para complementar as atuais medidas de proteção coletivas implantadas, propiciando o aumento do nível de segurança dos trabalhadores nas operações rotineiras, além da otimização dos custos com o fornecimento destes EPIs. Seguiram-se então as Recomendações para Seleção e Uso de Respiradores, do Programa de Proteção Respiratória da FUNDACENTRO (Recomendações seleção e uso de respiradores, 2002), que atende integralmente o que determina a Instrução Normativa N° 1 de 11 de abril de 1994 do Ministério do Trabalho e Emprego, que regulamenta o uso de equipamentos de proteção respiratória. Como resultado do estudo de caso foram indicados os tipos de respiradores e filtros ideais para atividades rotineiras, que deverão seu adotados dentro de um programa de proteção respiratória a ser implantado na empresa.

Palavras-chaves: Indicação de Respiradores, Agentes Químicos.

ABSTRACT

The recognition of the presence of potentially dangerous chemical agents, in the production areas of hydrocarbons from a chemical industry, motivated the study of case proposed in this monograph. The current systems and operational methods and of security, implanted in this industry, try to control the exposure to contaminants generated in the process. Even so, in some routine situations, workers may come into contact with these chemicals agents. With the accomplishment of qualitative and quantitative assessments of all the chemical contaminates, in the production process, was possible identify, for each hazard group, which chemical agents could contaminate the air and offer to risk the health workers. The data, statistically treated, showed that the exposures occurred in the levels of exposure acceptable and safe for most workers, according to the tolerance limits of the standards from the Ministry of Labor and Employment. Still, it was observed that factors such as combined toxicity, adverse effects arising from individual susceptibility, or the risks and discomfort for the usual exposure to substances with characteristics irritant or degenerative, needed a more efficient control for maintaining the health of workers. The indication of respirators appropriate for individual protection of workers, it appeared as the definitive solution to complement the current measures of collective protection implanted, providing the increased level of safety of workers in routine operations, as well as the optimization of costs to the provision of equipments of individual protection. Followed then the recommendations for selection and use of respirators, from the Program of Respiratory Protection of the FUNDACENTRO (x), that takes care of integrally what it determines the Normative Instruction In the 1 of 11 of April of 1994 of the Ministry of the Work and Job, that regulates the equipment use of respiratory protection. As result of this study of case, the ideal types of respirators and filters for routine activities had been indicated, that will have its adopted inside of a program of respiratory protection to be implanted in the company.

Keywords: Indication of respirators, Chemicals agents.

LISTA DE ILUSTAÇÕES

Figura 1 – Fluxograma simplificado do processo industrial (área de produção)	24
Figura 2 – Tabela dos Fatores de Proteção Atribuídos para Respiradores Adaptada do Quadro I da IN Nº 1 de 11/4/1994 - PPR-FUNDACENTRO	36
Figura 3 – Tabela Máxima Concentração de Uso – NBR 13696 - ABNT	37
Figura 4 - Modelo de respirador semifacial – Fabricante 3M	50
Figura 5 - Modelo de respirador peça facial inteira – Fabricante 3M	50
Figura 6 – Exemplo de filtros combinados multigases – Fabricante 3M	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tabela dos Grupos Homogêneos de Exposição	29
Tabela 2 - Agente Químico X Metodologia de Avaliação Ambiental	30
Tabela 3 - Planilha de quantitativo de avaliações ambientais de agentes x GHE	31
Tabela 4 – DPG acima de dois pontos	33
Tabela 5 – Dados para seleção e Respiradores e Filtros	38
Tabela 6 – Respiradores por Grupo de risco	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ACGIH - American Conference of Governmental Industrial Hygienists
- C1 a C4 – Hidrocarbonetos Alifáticos Gasosos
- DEA-Dietanolamina
- DPG - Desvio Padrão Geométrico
- EPI – Equipamento de Proteção Individual
- FISPQ - Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico
- GHE - Grupos Homogêneos de Exposição
- GLP – Gás Liquefeito de Petróleo
- HO - Higiene Ocupacional
- LE - Limite de Exposição
- MVUE - Melhor Estimativa da Média Verdadeira
- MCU - Máxima Concentração de Uso
- PPR – Programa de Proteção Respiratória
- PPRA - Programa de Prevenção de Riscos
- SMS - Segurança, Meio Ambiente e Saúde
- TLV - Threshold Limit Values ou Valores Limites de Exposição (VLE)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO DE LITERATURA.	12
2.1 Agentes Químicos e seus Riscos Respiratórios	12
2.2 Contaminantes Particulados Classificação e seus Efeitos Danosos	13
2.3 Contaminantes Gasosos Classificação e Efeitos Tóxicos	15
2.4 Protetores Respiratórios	18
2.5 Classificação dos Respiradores	19
2.6 Avaliação da Exposição a Agentes Químicos	20
2.6.1 Avaliação da Exposição a Particulados	20
2.6.2 Tipos de Particulados	20
2.6.3 Tempo de exposição	21
2.6.4 Medida de Concentração	21
2.6.5 Tamanho das Partículas	21
2.7 Avaliação da Exposição a Gases e Vapores	21
3. MATERIAIS E MÉTODOS	23
3.1. O Processo Industrial	23
3.2. Exposição dos trabalhadores	24
3.2.1. Caracterização básica	25
3.2.2. Grupos Homogêneos de Exposição (GHE)	25
3.2.2.1. Pontos básicos para a determinação dos GHEs	26
3.3. Estrutura da empresa	27
3.4. Riscos Químicos e Físicos	30
3.5. Avaliação Ambiental	30
3.6. Aleatoriedade	32
4. RESULTADO E DISCUSSÃO	33
4.1 Discussão dos resultados de campo	33
4.2. Seleção de Respiradores	34
4.3. Características Comuns aos Ambientes Analisados	34
4.4 Sequência seguida para seleção dos respiradores	35
4.5. Selecionando os Respiradores por Grupo de Exposição	37
4.6. Respiradores para uso rotineiro por Grupo de Exposição	46
4.6.1 Exemplos de Respiradores	50
5. CONCLUSÃO	51
6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	52
7. ANEXOS	53
7.1. Anexo I	54

1. INTRODUÇÃO

O objetivo desta monografia é a preservação da saúde ocupacional dos trabalhadores na indústria química estudada, através da indicação de respiradores e filtros ideais para cada grupo homogêneo de exposição. A adoção do referidos equipamentos de proteção individual, segundo as determinações de um programa de proteção respiratória a ser implantado nesta indústria, garantirá que o trabalhador não sofra os efeitos da contaminação por agentes químicos gerados nos processos de produção de hidrocarbonetos.

A exposição à agentes químicos com potencial de risco a saúde dos trabalhadores, muitas vezes de forma simultânea ou consecutiva a mais de um contaminante, é observada nos ambientes de produção das indústrias químicas. Em muitas situações as tecnologias de proteção coletiva, incorporadas aos processos de produção industrial, não são eficazes na manutenção da exposição do trabalhador dentro dos limites de tolerância que visam à preservação da saúde ou à vida do trabalhador. A adoção do uso de EPI – Equipamentos de Proteção Individual é tida como alternativa indispensável na proteção do trabalhador, além de ser obrigatória sobre o ponto de vista legal. Os equipamentos de proteção respiratória, utilizados no bloqueio da principal rota de entrada de contaminantes no organismo humano que é o sistema respiratório, que obtiveram grandes avanços tecnológicos a partir de sua primeira utilização reconhecida, no início da era cristã por Plínio, o Velho, que mencionou o uso de um capuz de bexiga de animal contra a inalação do óxido de chumbo nos trabalhos realizados no interior de minas (ALPAUGH, E.L.; HOGAM, T.J., 1988).

Para uma efetiva proteção dos trabalhadores faz-se necessário a seleção correta de respiradores que é requerida pela Instrução Normativa nº1 de 11/4/1994 do SSST/MTb,

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Agentes Químicos e seus Riscos Respiratórios

Assim como os agentes físicos, químicos, biológicos e ergonômicos, os agentes químicos foram intensamente estudados pela Higiene Ocupacional em livros especializados como o *Fundamentals of Industrial Hygiene* (McKEE, D.; ZAVON, P., 1988) cujas informações serviram de base para inúmeros estudos dos riscos presentes no ambiente de trabalho.

Em especial nas indústrias químicas os riscos químicos são os principais agentes causadores de doenças ocupacionais ou desconforto significativo aos trabalhadores. Eles atuam devido à presença de substâncias, compostos ou produtos em concentrações relativamente elevadas, na forma de particulados sólidos ou líquidos, gazes e vapores.

É de fundamental importância, para garantia da saúde dos trabalhadores, o conhecimento de todos os produtos químicos utilizados ou gerados nos processos produtivos. As Fichas de Informação de Segurança de Produto Químico (FISPQ), de fornecimento obrigatório por parte do fabricante, fornecedor ou importador, contém de forma resumida as principais informações a respeito dos efeitos a saúde, segurança e toxicologia. Deve-se levar em conta que alguns produtos industriais podem ser relativamente inertes nas condições ambientais, mas, quando aquecidos durante o processamento, podem se decompor e liberar substâncias altamente tóxicas. Daí a importância de se conhecer também os produtos gerados nestas circunstâncias. E considerar, por exemplo, que a presença de gases biologicamente inertes, mas em alta concentração no ar, como o nitrogênio, podem produzir situações fatais devido à deficiência de oxigênio.

Os riscos respiratórios nos ambientes de trabalho são oriundos, portanto, da deficiência de oxigênio e em decorrência da presença dos agentes químicos, ou ainda de suas ocorrências simultâneas.

Para manutenção da segurança e saúde do trabalhador no ambiente de trabalho é necessário, além do conhecimento destes agentes, avaliar o grau de exposição do trabalhador, medindo-se a concentração dos agentes químicos na zona respiratória e comparando-se com os limites de exposição encontrados na Norma Regulamentadora NR15 do Ministério do Trabalho e Emprego ⁽³⁾, nos valores de referência, ou nas publicações da ACGIH (AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS, TLV's e BEI's., 2002).

2.2. Contaminantes Particulados Classificação e seus Efeitos Danosos

Os contaminantes particulados podem ser classificados de acordo com seu estado físico e propriedades ou de acordo com as reações que o organismo humano apresenta após sua inalação. Uma vez suspensas no ar as partículas são chamadas de aerodispersóides, sua fase contínua é o ar e a descontínua ou dispersa são as partículas. De acordo com seu estado físico e propriedades, os contaminantes particulados podem apresentar-se como poeiras, névoas, fumos, neblinas, fumaça e radionucléos. As partículas podem ser sólidas ou líquidas.

A forma das partículas em geral é irregular e para sua caracterização utiliza-se o diâmetro aerodinâmico, que representa a dimensão de uma partícula imaginária de formato esférico e densidade unitária, que tem a mesma velocidade de deposição de uma partícula real. Na figura – 1, traduzido de Liedel, N et alii (LIEDEL, N.: BUSCH, K.A.; LINCH J., 1977) na obra Manual de Proteção Respiratória (TORLONI, MAURICIO.: VIEIRA, A.V., 2003) são mostrados os tamanhos das partículas de diversos aerossóis.

O Programa de Proteção Respiratória proposto leva em conta a terminologia de acordo com a NBR12543 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999), na identificação de poeira, névoa, fumos, gás e vapor, de forma a possibilitar a aplicação dos critérios de seleção de filtros químicos e para particulados, bem como, compra de equipamentos e avaliação de exposições a estes agentes. Para melhor compreensão apresentamos a seguir, de forma resumida, estas definições.

A poeira é uma suspensão de partículas no ar, gerada mecanicamente, constituída por partículas sólidas fornadas por ruptura mecânica de um sólido.

A névoa é a suspensão de partículas líquidas no ar formadas por ruptura mecânica de um líquido. Estão sempre acompanhadas pelo vapor do líquido que as constitui, sendo este, na maioria dos casos o agente químico que representa risco respiratório.

Os fumos são aerodispersóides gerados termicamente, constituídos por partículas sólidas extremamente pequenas, geralmente abaixo de 1 μm , formadas por condensação de vapores geralmente formada após volatilização de substância sólida fundida. No caso dos fumos metálicos, freqüentemente ocorre, na sua geração, oxidação do metal de modo que as partículas presentes são de óxido do metal, os quais são mais solúveis nos fluídos corpóreos que o metal.

A neblina é uma suspensão de partículas líquidas no ar geradas por condensação do vapor de um líquido volátil. É de difícil ocorrência nos processos industriais por necessitar da saturação do ar pelo vapor do líquido.

Já a fumaça é a mistura formada por partículas suspensas no ar, gases e vapores resultantes de combustão incompleta de materiais. Contém partículas sólidas de carbono devido à combustão incompleta de materiais orgânicos, bem como partículas líquidas provenientes da condensação de vapores de hidrocarbonetos com massa molecular elevada, ou das reações químicas que ocorrem durante a combustão incompleta de materiais orgânicos sólidos.

Os rádionuclídeos, na forma sólida, líquida ou gasosa emitem espontaneamente radiação ionizante. Se inalados depositam-se no trato respiratório comprometendo as células próximas.

A deposição das partículas no trato respiratório é função de seu diâmetro aerodinâmico e os principais mecanismos que contribuem para esta deposição são a inércia, a sedimentação, a interceptação direta e o movimento browniano.

As partículas contaminantes existentes no ar denominadas inaláveis, podem se depositar por todo o trato respiratório. Possuem diâmetro de corte de 100 μm para 50% da massa das partículas. As torácicas, com diâmetro de 10 μm para 50% de sua massa, depositam-se nas vias aéreas e nos alvéolos. A fração das partículas contaminantes que se depositam somente na região alveolar é a respirável que possuem diâmetro de quatro μm .

Somente as partículas com faixa de diâmetro aerodinâmico inferior a 10 μm , portanto fração respirável, conseguem penetrar nos pulmões.

Os efeitos das partículas contaminantes sobre o organismo humano dependem da natureza das partículas, da sua toxicidade e da atuação dos mecanismos transporte mucociliar e ação dos macrófagos alveolares, que constituem a defesa de nosso sistema respiratório. Os principais efeitos são doenças pulmonares, câncer, irritação, mutação, alteração genética e efeitos sistêmicos. Destacamos a silicose, doença pulmonar irreversível atribuída à inalação de várias forma de sílica livre e cristalizada que produz uma reação fibrosa no tecido alveolar.

2.3 Contaminantes Gasosos Classificação e Efeitos Tóxicos

Gases e vapores, embora conceitualmente sejam diferentes, são tratados em proteção respiratória do mesmo modo por terem muito em comum. Gás é um fluido que em condições ordinárias de pressão e temperatura encontra-se no estado gasoso. Já o vapor é a fase gasosa de uma substância que normalmente, em condições ordinárias de pressão e temperatura, existe na forma líquida ou sólida. Usualmente se expressa à concentração dos gases e vapores em partes por milhão (ppm), ou seja, partes em volume de gás ou vapor que acompanham um milhão de partes de ar, na temperatura e pressão ambientes.

Os gases e vapores são classificados de acordo com a NBR 12543 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999) em orgânicos, ácidos, alcalinos, inertes e especiais.

Gases e vapores orgânicos são contaminantes gasosos que contêm carbono na sua estrutura molecular e como o carbono tem a capacidade de se combinar, com

outros átomos de carbono ou outros elementos químicos, são gerados milhares de compostos orgânicos.

Contaminantes gasosos ácidos, ou os que se tornam ácidos ao reagirem com a água são chamados de vapores ou gases ácidos. Ao reagirem com a água produzem íons de hidrogênio responsáveis pelo pH entre zero e sete. São corrosivos aos tecidos do corpo humano.

Os chamados alcalinos, que ao reagirem com a água formam solução aquosa com íons de hidroxila, pH entre sete e 14, desintegram materiais orgânicos, portanto, são corrosivos aos tecidos humanos, e reagem com ácidos formando os sais.

Os gases e vapores inertes são substâncias que não reagem quimicamente com outras nas condições normais de pressão e temperatura, porém, em concentrações altas, podem gerar ambientes com deficiência de oxigênio. Alguns destas substâncias inertes biologicamente, dentro de certa faixa de concentração apresentam risco de explosão.

Gases e vapores especiais, sobre o critério de classificação para seleção de filtros químicos, são os que exigem filtros especiais.

De modo geral, os gases, vapores e fumaças comprometem as vias aéreas, podendo causar uma série de respostas pulmonares, desde irritação aguda até uma reação de hipersensibilidade, bem como danos em outras partes do corpo humano com freqüente complicações por infecção secundária. Algumas substâncias podem provocar mais de um tipo de reação, como exemplo temos o acetileno produz asfixia e tem ação anestésica.

A asfixia simples é causada pelo bloqueio dos processos vitais devido à ausência de oxigênio. Alguns gases fisiologicamente inertes promovem a diluição do oxigênio do ar criando uma atmosfera com deficiência de oxigênio, levando o indivíduo à asfixia. Para que isto ocorra é necessária a presença de grandes quantidades do gás inerte.

A asfixia bioquímica, mesmo em baixa concentração do gás ou vapor, provoca interferência no suprimento de oxigênio em nível celular. Esta interferência pode ocorrer, entre outras formas, nos transporte do oxigênio pelo monóxido de carbono, inibição das enzimas responsáveis pela utilização do oxigênio molecular pelo ácido cianídrico, ou por paralisia de partes do cérebro que controlam a respiração e o olfato.

As irritações ocorrem quando algumas substâncias corrosivas, como gases e vapores, lesam os tecidos e causam inflamação das mucosas das vias respiratórias por contato direto. O local de ação e a intensidade dependem principalmente da solubilidade e da concentração do agente.

Os irritantes primários agem de forma local e imediata. Se após a inalação a solubilidade do agente na água, que reveste o trato respiratório, a pele ou a conjuntiva ocular for alta, a irritação ocorre na cavidade nasal e na garganta. Se for moderada a irritação é quase uniforme em todas as vias respiratórias com efeito principal nos brônquios. Se forem pouco solúveis na água a irritação atinge a parte mais profunda do sistema respiratório que são os bronquíolos e os alvéolos.

Os irritantes secundários apresentam ação local e sistêmica como gás sulfídrico, que é também depressor do centro respiratório, e a fosfina que também apresenta ação neurológica.

Os efeitos sistêmicos se devem aos agentes que não provocam danos nos pulmões, mas em órgãos e sistemas do corpo humano

Ao agentes de ação anestésica apresentam ação depressora do sistema nervoso central, provocando perda parcial ou total das sensações. Sua ação vai desde uma ligeira intoxicação com mal-estar e perda da coordenação motora, perda de consciência, até parada respiratória seguida de morte.

Os anestésicos primários só produzem efeito anestésico mesmo com repetidas exposições às baixas concentrações.

Anestésicos com efeitos sobre as vísceras, quando inalados, podem acarretar danos ao fígado e aos rins.

Anestésicos de ação sobre o sistema formador de sangue são substâncias que se acumulam preferencialmente nos tecidos gordurosos, medula óssea e sistema nervoso. O benzeno é o de maior risco pois, em baixas concentrações pode causar anemia irreversível e até leucemia.

Anestésicos de ação sobre o sistema nervoso são os alcoóis metílico e etílico, os ésteres de ácidos orgânicos e o dissulfeto de carbono. O álcool metílico é eliminado lentamente pelo organismo o que acentua sua atuação tóxica que é principalmente sobre o nervo ótico.

Anestésicos de ação sobre o sangue e o sistema circulatório são as que podem provocar alterações na hemoglobina.

Sensibilizantes são certos gases e vapores que inalados podem causar formação de anticorpos, levando a uma maior probabilidade de reações com a asma ocupacional, que é reversível e também é ocasionada pela inalação de particulados.

Alguns agentes químicos inalados podem produzir ou acelerar o aparecimento de câncer em alguns indivíduos após um período de latência. Como não existem limites de exposição para substâncias carcinogênicas, isto é, que podem provocar aparecimento de tumores malignos após exposição razoável, deve-se evitar contato direto ou exposição a estas substâncias.

Mutações genéticas são mudanças no material genético de uma célula viva devido à inalação de uma substância, isto é, quando ocorre mutação cromossômica. Se ocorrer nas células geminais, óvulos ou espermatozóide, estas mutações passam a ser hereditárias e podem aparecer somente em gerações posteriores dificultando a determinação de causa-efeito.

Existem ainda as alterações genéticas causadas por substâncias inaladas que resultam em malformações não hereditárias. São os teratógenos, que alteram o embrião ou feto quando a mulher grávida é exposta a eles.

2.4 Proteções Respiratórias

O controle dos agentes de risco no ambiente de trabalho ocorre ainda no desenvolvimento do projeto através da escolha dos processos de fabricação, dos equipamentos, uso de substâncias menos tóxicas, uso de equipamentos de proteção coletiva como sistemas de ventilação, filtros, lavadores de gases, dentre outros. Mas nem sempre toda esta estrutura de controle de engenharia garante a segurança dos trabalhadores por completo. Devemos considerar também que mesmo tendo as situações de rotina sob controle existe sempre o risco de ocorrências emergenciais que as medidas de engenharia de segurança não são suficientes. Para evitar o contato com os agentes químicos e sofrer exposições de risco ou deficiência de oxigênio os trabalhadores necessitam dos respiradores (FUNDACENTRO. 2002).

Existem ainda operações de produção que as medidas de engenharia, por limitações técnicas ou razões econômicas o uso de proteção respiratória é obrigatória para as operações de rotina.

Entre as situações em que o uso de respiradores é essencial podemos citar: as operações em que ocorrem transferências ou mistura de materiais que provoquem poeiras, névoas, fumos, gases e vapores de forma não totalmente controlada, em locais fechados e habitados, ou ainda que as substâncias necessitem de controle de toxicidade; operações de intervenção que causam descontinuidade nos processos que podem provocar liberação de gases, vapores ou aerossóis para o meio ambiente; operações de construção ou montagem que possam liberar contaminantes no ambiente de trabalho; emergências com liberação de agentes químicos de forma descontrolada, obrigando o abandono da área ou entrada em áreas contaminadas, ou ainda concentrações ou agentes desconhecidos.

2.5 Classificação dos Respiradores

Os equipamentos de proteção respiratória se distinguem pela sua concepção, quanto a sua aplicação e quanto ao nível de proteção requerido. A NBR 12543⁽⁷⁾ divide estes equipamentos em duas classes: os purificadores de ar e os de adução de ar. Existe ainda uma terceira classe não contida nessa norma que são os de adução com purificadores de ar.

Os respiradores purificadores de ar removem os contaminantes do ar atmosférico através de seu filtro, antes do ar ser inspirado, daí serem chamados de dependentes da atmosfera ambiente. Estes purificadores não motorizados tem seu fluxo de ar a partir da inspiração do trabalhador pela ação pulmonar, e os motorizados utilizam uma ventoinha acionada por motor elétrico. Ambos respiradores utilizam filtros específicos para grupo de agentes químicos contidos no ar ou para reter partículas contaminantes em suspensão.

Os respiradores de adução de ar fornecem ar ou gás respirável, advindos de uma atmosfera independente do ambiente, que deve ser de qualidade respirável. Os que utilizam linha de ar comprimido o ar pode provir de compressores ou de cilindros sob pressão. Podem ser de fluxo contínuo, se o ar chega continuamente à cobertura das vias respiratórias, e de demanda se chegar quando da inspiração do usuário. Se durante a inspiração tivermos pressão negativa no interior da peça facial denominamos sem pressão positiva, e se a pressão se mantiver positiva, inclusive durante a inspiração, denominamos de pressão positiva.

Se o ar provem de um ambiente não contaminado por meio de uma mangueira, por ação pulmonar ou ventoinha, denominamos de respirador de ar natural.

2.6 Avaliação da Exposição a Agentes Químicos

2.6.1 Avaliação da Exposição a Particulados

Ao avaliarmos a exposição a particulados devemos considerar quatro fatores: o tipo de partícula, o tempo de exposição, a concentração e a dimensão das partículas na zona respiratória. Estes fatores estão relacionados entre si conferindo maior ou menor exposição do trabalhador. Por exemplo, partículas muito tóxicas, mas com dimensão muito grande, não atingirão os pulmões se estiverem em baixa concentração e a exposição for curta.

Diferentemente dos gases e vapores, cuja concentração do contaminante presente no ar chega aos pulmões com o mesmo valor, na poeira somente partículas com dimensões abaixo de 10 μm chegam aos alvéolos pois as maiores ficaram retidas nas vias superiores.

2.6.2 Tipos de Particulados

Para fins de amostragem e avaliação os particulados são divididos em inorgânicos e orgânicos. Os inorgânicos podem ser metálicos e não metálicos, e estes divididos em particulados sem sílica e com sílica. Os particulados orgânicos podem ser sintéticos ou naturais, que por sua vez são de origem vegetal ou animal.

2.6.3 Tempo de Exposição

Algumas doenças respiratórias provocadas por particulados demoram anos para aparecerem, com as pneumoconioses, enquanto que a exposição a alguns metais, como chumbo, manganês, entre outros, com alguns dias ou semanas de exposição já podem apresentar danos à saúde. Daí a importância em se conhecer as substâncias e determinar o tempo de exposição ideal.

2.6.4 Medida da Concentração

A concentração das partículas na zona respiratória pode ser medida estabelecendo o volume de ar que deverá passar em um filtro de éster de celulose com tamanho de poro que permita a captura de partículas na faixa respirável. Comparando a massa inicial e final deste filtro pode-se determinar a concentração de partículas respiráveis no ar.

2.6.5 Tamanho das Partículas

É importante determinar o tamanho das partículas respiráveis, com diâmetro aerodinâmico médio mássico abaixo de 10 μm . Para isso usa-se o ciclone entre a entrada do ar e o filtro, obtendo a retenção no filtro apenas das partículas respiráveis.

2.7 Avaliação da Exposição a Gases e Vapores

A ocorrência de danos ao organismo humano devido à exposição a gases e vapores está ligada diretamente aos fatores: concentração do contaminante ao nível respiratório, do tempo de exposição, das características físico-químicas do agente e da suscetibilidade pessoal. Uma boa ventilação geral não evita exposições a solventes com pressão de vapor elevada, daí a necessidade de ventilação local exautora.

A fim de evitar o risco de exposição a um agente químico, deve-se determinar a forma mais correta para determinar a concentração do agente, utilizando aparelhagem adequada e a amostra ser representativa da exposição. O fundamental, em face às variáveis como: distância da fonte e o trabalhador, intensidade do trabalho, variação da concentração do agente em relação ao espaço e tempo e a ventilação, é que seja feito um levantamento preliminar para definir: o tipo de amostrador ou aparelhos de medição, os métodos de análise a serem utilizados, bem como tipos e tempos de amostragem utilizados.

Amostragens instantâneas, realizadas em alguns minutos, permitem detectar as concentrações mais altas e mais baixas durante a jornada de trabalho.

Amostragens contínuas são as que utilizam períodos superiores a trinta minutos até a jornada inteira. Fornecem a média ponderada mas não registram as variações e nem valores de pico.

As exposições a gases e vapores podem ser avaliadas por instrumentos de leitura direta que coletam e analisam os dados dentro do aparelho, ou em duas etapas onde são feitas coletas que são analisadas posteriormente em laboratório.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo de caso foi desenvolvido para uma empresa química que em sua área de produção processa óleo cru (hidrocarboneto) que obtém através do seu processo industrial produtos como gás combustível, enxofre, GLP, nafta e óleo combustível.

3.1 O Processo Industrial

Na área de Produção os principais equipamentos das unidades de tratamento de gás combustível (C1 – C5) são as torres, permutadores, bombas, compressores, caldeiras e incineradores.

A empresa possui tanques e vasos de armazenamento para produtos finais (prontos para venda), bem como sistemas auxiliares voltados para a segurança como a tocha (flare) e meio ambiente (Unidade de Tratamento de Águas Ácidas e Tratamento de Efluentes Líquidos).

Os principais equipamentos das Unidades de Utilidades são as subestações, transformadores, redes aéreas, caldeiras, bombas, sistema de clarificação, sistema de osmose reversa, torre de resfriamento, compressores, secadores de ar, vasos e permutadores.

O processo químico para a retirada de produtos como gás combustível, enxofre, GLP, nafta e óleo combustível é bastante simples. O óleo cru passa por equipamentos como o precipitador eletrostático, aquecedores, compressores, condensadores, torres de fracionamento para a retirada dos produtos. Como o fluxograma de processo descrito na figura 1, abaixo:

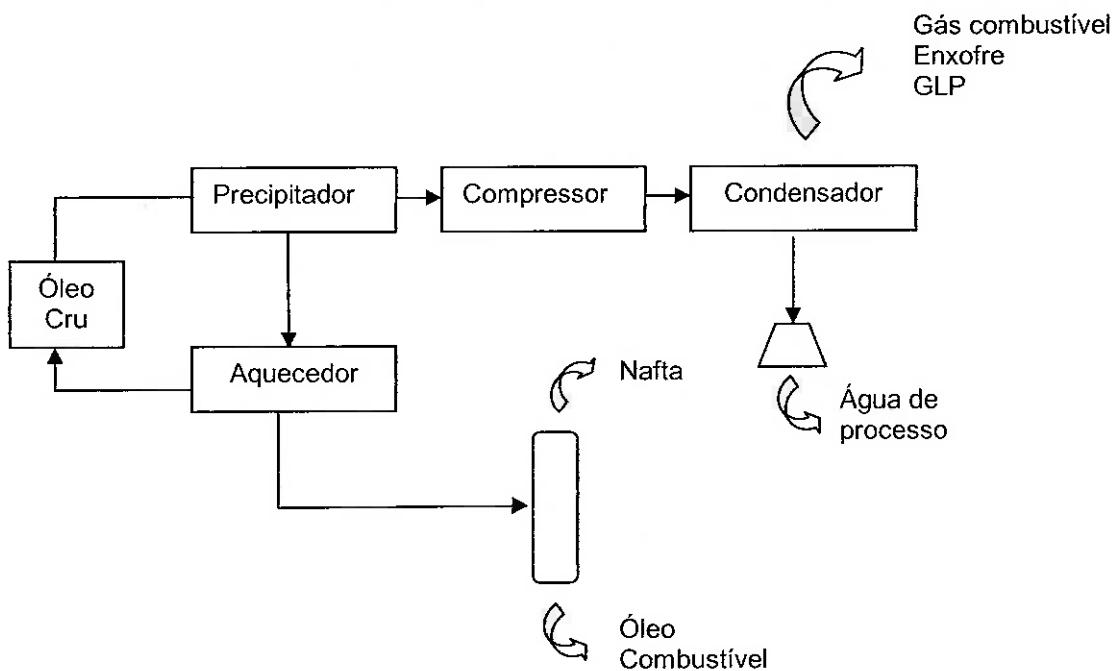


Figura 1 – Fluxograma simplificado do processo industrial (área de produção)

A nafta produzida apresenta um teor médio de 2% a 6% de benzeno.

3.2 Exposição dos trabalhadores

O processo do conhecimento gradativo e adequado da exposição de trabalhadores envolve uma série de considerações, abordagens e planificação de um trabalho, que em seu conjunto, pode ser chamado de estratégia de amostragem.

A estratégia de amostragem começa quando se estuda uma população exposta, ou seja, quando se vai determinar quais os expostos, a quais agentes, em quais tarefas ou funções, em quais locais (edificações ou sites operacionais). Estratégia de Amostragem é um processo de conhecimento da exposição de trabalhadores, que se inicia com uma adequada abordagem do ambiente (processo, pessoas, tarefas, agentes) e termina com afirmações estatisticamente fundamentadas sobre essa exposição, para que o ciclo da higiene ocupacional possa prosseguir, até o controle dos riscos.

3.2.1 Caracterização básica

A Caracterização Básica representa um processo inicial de conhecimento, que vai permitir a obtenção dos Grupos Homogêneos de Exposição (GHE), assim como a estruturação de amostragens representativas dos trabalhadores da empresa.

Trata-se de conhecer as três dimensões da questão: os ambientes de trabalho, os expostos e os agentes ambientais. Conhecer o ambiente significa conhecer os processos principais, secundários e complementares, como o de manutenção, com detalhe suficiente para a inferência dos agentes ambientais que podem produzir. Também significa conhecer todos os materiais utilizados nos mesmos, seja como matéria prima, subprodutos, produtos acabados e rejeitos.

Conhecer os expostos significa apreender todas as funções desempenhadas, as atividades e tarefas realizadas, relacionando-as em termos de exposições ocupacionais aos processos e aos agentes identificados.

Conhecer os agentes significa correlacioná-los às tarefas, processos e expostos, pois é centrado nos agentes que deve começar o estudo. Também significa conhecer bem os efeitos que podem ser causados, os limites de exposição aplicáveis e as características físico-químicas relevantes.

Deste estudo integrado deve-se definir a unidade de trabalho, que é o Grupo Homogêneo de Exposição, este é um conceito do NIOSH. A AIHA usa o termo "grupos de exposição similar", que é considerado equivalente

Os grupos homogêneos de exposição (GHE) deverão ser identificados a partir da caracterização básica. Eles são definidos por agente ambiental, e por local (edificação) de trabalho, ou sítio operacional (em plantas de processo, por exemplo).

3.2.2 Grupos Homogêneos de Exposição (GHE)

Os Grupos Homogêneos de Exposição são obtidos a partir da caracterização básica, que é dada pela observação e conhecimento do processo, das atividades e dos agentes, ou seja, das exposições que ocorrem nos ambientes de trabalho.

Observando e conhecendo as exposições, podemos reunir os trabalhadores em grupos que possuem as mesmas características (perfil) de exposição a um dado agente. Essa “homogeneidade” provém da execução de mesmas rotinas e tarefas pelos seus componentes e portanto com um mesmo perfil de exposição ambiental, confirmado-se estatisticamente por permitir que o grupo seja representado por uma determinada distribuição de probabilidades.

A definição inicial do GHE é assegurada pela observação e julgamento do profissional de higiene ocupacional em relação ao perfil de exposição ambiental que apresentam seus componentes.

Definição de Grupo Homogêneo de Exposição (GHE) - Corresponde a um grupo de trabalhadores que experimentam exposição semelhante de forma que o resultado fornecido pela avaliação da exposição de qualquer trabalhador do grupo seja representativo da exposição do restante dos trabalhadores do mesmo grupo.

3.2.2.1 Pontos básicos para a determinação dos GHEs

- Inicie pela função, pois numa mesma função é de se esperar que as atividades sejam essencialmente iguais e portanto seja igual à chance de exposição associada;
- Tenha atenção para com os desvios de função; não se fixe no nome do cargo, mas sim no que realmente é feito, do ponto de vista operacional;
- Faça uma boa entrevista com os trabalhadores e a complemente com a supervisão, visando conhecer o que se faz, quem (funções) faz;
- Tenha atenção às nuances que a função tem, se há subgrupos com atividades diferenciadas (serão outros GHEs);
- Tenha atenção quanto às variantes entre turnos (ambiente, operações e equipamentos podem variar);

Os GHE só fazem sentido numa mesma edificação ou sítio operacional (em áreas de processamento aberto, por exemplo). Não se podem agrupar trabalhadores que estejam lotados em locais diferentes.

O GHE se inicia pelo ambiente (edificação ou sítio), e pelo agente; dentro dessas premissas, buscam-se as funções ou subgrupos cujas atividades tornam a exposição similar.

Um grupo é homogêneo no sentido estatístico, e isso permite que um número relativamente pequeno de amostras possa definir as tendências de exposição de todo o grupo.

A exposição dos trabalhadores não será idêntica, pois quem é homogêneo é o caráter estatístico do grupo, e as variabilidades serão normais dentro dele.

Os GHE são uma expectativa formulada pelo profissional que atua em higiene ocupacional, baseada no seu conhecimento e experiência, dentro de seu julgamento profissional. Mais tarde, no processo de avaliação da exposição dos grupos, isso será validado ou reformulado.

3.3 Estrutura da empresa

A empresa apresenta 323 funcionários – 275 homens e 48 mulheres. No processo de beneficiamento do óleo temos aproximadamente 247 pessoas envolvidas, estas estão divididas em cinco gerências, como a Produção, Manutenção, Pesquisa, Inspeção de Equipamentos e Segurança, Meio Ambiente e Saúde.

Para o desenvolvimento deste estudo de caso foi necessário realizar uma análise dos riscos químicos existentes, consultando o Programa de Prevenção de Riscos Ambientais - PPRA da empresa, busca em campo dos possíveis agentes químicos não relatados, número de funcionários, funções envolvidas, local de trabalho, entre outros.

O grupo de 247 pessoas foi dividido obedecendo a sua lotação de trabalho (gerencia), suas atividade e a sua exposição ocupacional. Assim formulamos 16

grupos de homogêneos de exposição (GHE). Os GHEs foram codificados, nomeados, localizados e avaliados quanto a sua exposição a agentes químicos, físicos e biológicos, conforme tabela 1:

Código do GHE	Nome do G.H.E	Número de integrantes e função		Local de trabalho	Exposição ao Agente
03	Produção - Apoio Técnico	6 pessoas	TEC OPERACAO	Escritório administrativo Produção	Químico Físico
04	Operadores de processo Utilidades - Operadores	45 pessoas	TEC OPERACAO	Área de processo	Químico Físico
06		30 pessoas	TEC OPERACAO	Área de processo	Químico Físico
08	Operadores de processo III	31 pessoas	TEC OPERACAO	Área de processo	Químico Físico
09	Pesquisa - Apoio Técnico	16 pessoas	ENG PROCESSAMENTO TEC CONTABILIDADE ENG EQUIPAMENTO TEC MANUTENCAO	Prédio administrativo	Químico Físico
10	Operadores Unidades de Pesquisa	38 pessoas	TEC OPERACAO	Área de processo	Químico Físico
11	Supervisor Laboratório	1 pessoa	TEC QUIMICO PETR	Laboratório	Químico Físico
12	Técnicos Laboratório de Análises Diversas	12 pessoas	TEC QUIMICO PETR	Laboratório	Químico Físico
20	Segurança - Apoio Técnico	3 pessoas	ENG SEGURANCA	Escritório administrativo Segurança, Meio Ambiente e Saúde	Químico Físico
21	Segurança – Técnico de Segurança - Turno	14 pessoas	TEC SEGURANCA	Toda a unidade	Químico Físico
22	- Meio Ambiente - Apoio Técnico Operacional	1 pessoa	TEC SEGURANCA	Escritório administrativo Segurança, Meio Ambiente e Saúde	Químico Físico
25	Manutenção - Apoio Técnico Operacional - Mecânica e Planejamento	12 pessoas	TEC MANUTENCAO	Escritório administrativo Manutenção Industria	Químico Físico
26	Manutenção - Apoio Técnico Operacional - Elétrica e Instrumentação	20 pessoas	TEC MANUTENCAO	Prédio de elétrica e instrumentação	Químico Físico
27	Manutenção - Apoio Técnico Operacional - Complementar	2 pessoas	TEC MANUTENCAO	Prédio da Caldeiraria	Químico Físico
28	Manutenção - Apoio Técnico Operacional - Manutenção - Apoio	7 pessoas	TEC MANUTENÇÃO	Prédio da Caldeiraria	Químico Físico
30	Inspeção - Apoio Técnico Operacional	9 pessoas	TEC INSP EQUIP INST ENG EQUIPAMENTOS	Prédio administrativo Inspeção de Equipamentos	Químico Físico

Tabela 1 – Tabela dos Grupos Homogêneos de Exposição

3.4 Riscos Químicos e Físicos

Os riscos levantados pela equipe foram encontrados os químicos e físicos. O risco químicos podemos considerar com relevante a exposição aos Ácidos Inorgânicos: sulfúrico, nítrico, clorídrico, fosfórico, fluorídrico e Ácido Fórmico, Hidróxido de sódio, Sulfeto de Hidrogênio (H₂S), Naftas, Benzeno, Fenol, Etanol, DEA (Dietanolamina), Amônia, Mercúrio, Hidrocarbonetos Alifáticos Gasosos (C1 a C4). O risco físico não iremos considerar pois não interferem no objetivo do estudo.

3.5. Avaliação Ambiental

Amostragem de jornada completa, cobrindo no mínimo 75% da jornada e a realizadas conforme horário de trabalho do GHE;

Utilizou-se a tabela 2 “Agente Químico X Metodologia de Avaliação Ambiental”, para definir o tipo de amostrador a ser usado.

AGENTES QUÍMICOS	METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO
Ácidos Inorgânicos: sulfúrico, nítrico, clorídrico, fosfórico, fluorídrico e Ácido Fórmico	NIOSH 7903
Amônia	NIOSH S347
Benzeno	NIOSH 1501
DEA (Dietanolamina)	NIOSH 3509
Etanol	NIOSH 2542
Fenol	NIOSH 2546
Hidrocarbonetos Alifáticos Gasosos (C1 a C4)	NIOSH S93
Hidróxido de sódio	NIOSH 7401
Mercúrio	OSHA ID145
Naftas	NIOSH 1500 ou 1550
Sulfeto de Hidrogênio (H ₂ S)	NIOSH 6013

Tabela 2 - Agente Químico X Metodologia de Avaliação Ambiental

Para a avaliação ambiental dos agentes descritos acima foi contratada uma empresa especializada nesta atividade, que ficou responsável pela coleta da amostra em campo, análise laboratorial deste material e o tratamento dos seus resultados.

Foi efetuado o tratamento estatístico, apresentando como média da exposição o valor do MVUE (melhor estimativa da média verdadeira) utilizando, nas suas considerações, o DPG (Desvio Padrão Geométrico) e o Percentil 95;

As avaliações ambientais foram efetuadas no período de agosto de 2007 a maio de 2008 e realizadas oito avaliações por grupo homogêneo de exposição, a empresa realizou estas avaliações num prazo > que 190 dias e < que 250 dias, tal procedimento visa obter a Média de Longo Prazo, conforme tabela 3;

GHE	ADM ou Turno	Ácidos Inorgânicos: sulfúrico, nítrico, clorídico, fosfórico, fluórico e Ácido Fórmico	Hidróxido de sódio	Sulfeto de Hidrogênio (H ₂ S)				Benzeno	Fenol	Etanol	DEA (Dietsanolamina)	Amônia	Mercúrio	Hidrocarbonetos Alifáticos Gasosos (C1 a C4)
				Náftas										
3	ADM		8	8	8	8	8					8	8	8
4	Turno		8	8	8	8	8		8		8	8	8	8
6	ADM	8			8	8	8	8	8					
8	Turno			8	8	8	8		8		8	8	8	8
9	ADM				8	8	8							
10	Turno				8	8	8		8					
11	ADM			8	8	8			8	8			8	
12	Turno	8		8	8	8	8		8	8	8	8	8	8
20	ADM				8	8								
21	Turno				8	8		8						
22	ADM				8	8								
25	ADM				8	8		8						
26	ADM				8	8								
27	ADM				8	8								
28	ADM				8	8								
30	ADM				8	8	8							

Tabela 3 - Planilha de quantitativo de avaliações ambientais de agentes x GHE

Foi elaborado relatórios conclusivos com os respectivos tratamentos estatísticos por grupo homogêneo de exposição e por agente químico amostrado. Este relatório encontra-se no anexo I

3.6 Aleatoriedade

Amostragem aleatória - é aquela na qual qualquer dos itens tem a mesma chance de ser amostrado, ou seja, é obtida através de um “sorteio honesto”. Qualquer método de sorteio “honesto” (no qual qualquer item tem a mesma chance de ser amostrado) pode ser utilizado.

Foi seguido as seguintes recomendações:

- Utilizar sempre um dia típico;
- Uma avaliação por dia por GHE;
- Pode ser avaliado mais de um agente no mesmo dia por GHE;
- Atentar para o prazo ≥ 6 meses para obter a Média de longo Prazo;
- Utilizar o critério de aleatoriedade possível;
- Utilizar lista dos GHEs, facilitando o sorteio no dia da avaliação;

4. DISCUSSÃO E RESULTADOS

4.1 Discussão dos resultados de campo

No mês de agosto a empresa contratada para as avaliações ambientais entregou todos os resultados por amostra e o tratamento estatístico.

Todos os valores mensurados em campo para a jornada de trabalho rotineiro e com carga horária de 8h, foram abaixo do limite de tolerância da NR-15, para o agente benzeno necessita de um tratamento especial por não termos limite de tolerância definido na NR – 15.

Analizando os valores encontrados no campo, observamos que os GHEs 4,10,25 e 27 apresentam DPG (Desvio Padrão Geométrico) maior que 2, isto significa que a exposição observada neste GHE não homogênea, temos uma diferença grande entre a exposição máxima e mínima gerando deste desvio padrão acima de dois pontos. Na tabela4 abaixo podemos verificar em situações este fenômeno ocorreu:

Tratamento Estatístico de Agentes Químicos								
GHE	Agente Químico	Tratamento Estatístico						Limite de Tolerância ACGIH/NR-1
		VALORES	LOG NORMAL			Percentil 95 %	UTL 95,95	
4	Mercúrio	0,191	Máx.	0,008	3,625	0,069	0,354	0,017 0,04 mg/m
	Benzeno	0,110	MG	0,016	2,184	0,058	0,146	0,021 1,00 ppm
	Naftas Leves	25,100		2,075	3,373	15,331	63,591	3,929 176,00 mg/m
10	Naftas Leves	57,000		1,319	4,586	16,153	169,374	3,316 176,00 mg/m
	Naftas Pesadas	43,500		1,353	4,080	13,672	119,700	2,998 100,00 mg/m
27	Naftas Pesadas	6,500		1,190	2,171	4,259	14,086	1,536 100,00 mg/m
Tabela 4 – DPG acima de dois pontos								

No ano de 2009 como plano de ação para o PPRA desta empresa sugerimos que estes GHEs com desvio padrão alto seja continuada a amostragem de campo, com a realização de mais quatro amostragens por GHE. Assim poderemos afirmar que a exposição deste grupo é desigual e chegaremos a um desvio padrão aceitável.

Exposição aguda normalmente é observada em situações anormais ou de emergência, estes valores não foram mensurados, por isso a necessidade de um

Programa de Proteção Respiratória que contemple todas estas situações recomendando respiradores corretos para cada uma das situações.

4.2. Seleção de Respiradores

Concluídas as etapas de identificação e quantificação dos riscos químicos de cada grupo de exposição, representados no Anexo 1- Dados Estatísticos Conclusivos , deu-se início a seleção dos respiradores, necessários à proteção dos trabalhadores de cada grupo de risco identificado.

A decisão de adotar respiradores para uso rotineiro, embora tenha sido constatado que as exposições estão dentro dos limites de tolerância, se sustenta na manutenção da saúde dos trabalhadores através do controle de possíveis efeitos toxicológicos combinados, no controle de efeitos nocivos devido às suscetibilidades individuais, ou ainda visando o controle dos riscos ou desconfortos, advindos da habitual exposição às substâncias com características irritantes ou degenerativas.

Foi então seguida à metodologia passo a passo de seleção de respiradores e filtros, apresentada no capítulo 9.6 - Seleção de Respiradores para Uso Rotineiro, do Manual de Proteção Respiratória da ABHO (2002) Precisa fazer referência bibliográfica. aplicando os procedimentos da publicação Recomendações para Seleção e Uso de Respiradores, do Programa de Proteção Respiratória da FUNDACENTRO (2002).

4.3. Características Comuns aos Ambientes Analisados

As operações de produção com presença de contaminantes ocorrem em áreas a céu aberto, característica que propicia renovação constante do ar ambiente e uma boa dispersão por ventilação natural, dos gases e vapores eventualmente presentes, inexistindo portanto o risco de IPVS por deficiência de oxigênio em situações normais de operação.

Constatamos que, para todos os gases e vapores identificados, existem limites de exposição estabelecidos e que suas concentrações estão abaixo dos valores IPVS e dos limites de tolerância, para a jornada normal dos trabalhadores, conforme o

Anexo 11 da NR-15 do Ministério do Trabalho e Emprego, ou conforme os TLV's da ACGIH, utilizados na ausência de referência na NR-15.

Os contaminantes gás amônia e vapores de mercúrio estão presentes em sistemas fechados, e em equipamentos específicos do processo de produção, oferecendo risco de exposição eventual por vazamentos aos trabalhadores somente em áreas já identificadas e sinalizadas.

Durante a rotina normal dos trabalhadores, a eventual exposição aos agentes químicos identificados, nos níveis quantitativos registrados, ocorrem de forma habitual e intermitente.

Uma melhor análise das operações deverá ser realizada visando identificar todas as operações com risco de exposição a dois ou mais agentes químicos de forma simultânea, o que otimizaria a escolha de filtros químicos múltiplos.

4.4 Sequência seguida para seleção dos respiradores

- Calcula o Fator de Proteção Requerido considerando os efeitos combinados, isto é, determina-se o somatório da relação entre a concentração de cada contaminante com 95% de certeza e o seu limite de tolerância.
- Identifica no Quadro I da Instrução Normativa nº 1, de 11 de abril de 1994 () qual o tipo de respirador com Fator de Proteção Atribuído maior que o Fator de Proteção Requerido calculado.

Tipo de respirador	Tipos de coberturas das vias respiratórias			
	Com vedação facial		Sem vedação facial ⁽⁹⁾	
	Peça semifacial ⁽⁹⁾	Peça facial inteira	Capuz e capacete	Outros
A – Purificador de ar • não motorizado • motorizado	10 50	100 1000 ⁽²⁾	1000	25
B – De adução de ar B1 – linha de ar comprimido • de demanda sem pressão positiva • de demanda com pressão positiva • de fluxo contínuo	10 50 50	100 1000 1000	1000	25
B2 – máscara autônoma (círculo aberto ou fechado) • de demanda sem pressão positiva ³ • de demanda com pressão positiva	10 -----	100 -----	-----	-----

Figura 2 – Tabela dos Fatores de Proteção Atribuídos para Respiradores Adaptada do Quadro I da IN Nº 1 de 11/4/1994 - PPR -FUNDACENTRO

- Verifica se o respirador protege o trabalhador de outros efeitos causados pelo contaminante.
- Seleciona o filtro químico apropriado para cada contaminante, verificando:
 - Se a concentração no ambiente é menor que a Máxima Concentração de Uso do filtro selecionado, utilizando a Tabela Máxima Concentração de Uso (MCU) dos filtros químicos da NBR 13696 da ABNT (1999) . Ver Figura 3
 - Se a concentração no ambiente é menor que o produto do fator de proteção atribuído do respirador escolhido pelo limite de exposição.
 - Se o filtro selecionado é compatível com a peça facial do respirador.
 - Se há necessidade de uso de filtro químico múltiplo para dois ou mais agentes simultaneamente.

Classe do filtro	Tipo	Concentração máxima (ppm)	Tipo de peça facial compatível
FBC – 1	Vapor orgânico ^(a)	50	Semifacial filtrante, quarto facial e semifacial
	Gases ácidos ^{(a) (c)}	50	
FBC – 2	Vapor orgânico ^(a)	1.000	Semifacial, facial inteira ou conjunto bucal
	Cloro	10	
1 Cartucho pequeno	Vapor orgânico ^{(a) (b) (c)}	1.000	Quarto facial, semifacial, facial inteira ou conjunto bucal
	Amônia	300	
	Metilamina	100	
	Gases ácidos ^{(a) (b)}	1.000	
	Ácidos clorídrico	50	
	Cloro	10	
2 Cartucho médio	Vapor Orgânico ^{(a) (b) (c)}	5.000	Facial inteira
	Amônia	5.000	
	Metilamina	5.000	
	Gases ácidos ^{(a) (b)}	5.000	
3 Cartucho grande	Vapor orgânico ^{(a) (b) (c)}	10.000	Facial inteira
	Amônia	10.000	
	Gases ácidos ^{(a) (c)}	10.000	

Figura 3 – Tabela Máxima Concentração de Uso – NBR 13696 - ABNT

4.5. Selecionando os Respiradores por Grupo de Exposição

Apresentamos a seguir a tabela 5 com os dados consolidados para seleção dos respiradores por grupo de exposição.

GHE	Agente Químico	Efeitos Nocivos	Valores de Exposição			FPR Efeito combinad o
			C(95%) /LT	LT	IPV S	
3	Amônia – NH ₃	Irritante olhos e vias respiratórias	0,013	20 ppm	300	
	Benzeno	causa leucemia	0,01	1 ppm	-	
	C1-C4	compromete sistema nervoso central	0,024	470 ppm	-	
	Mercurio	compromete sistema nervoso central, dano nos rins	0,25	0,04 mg/m ³	28	
		Irritante pele olhos e vias respiratórias compromete sistema nervoso central	0,005	176 mg/m ³	-	0,34
	Naftas Leves	Irritante pele olhos e vias respiratórias, compromete sistema nervoso central	0,010	100 mg/m ³	-	
4	Naftas Pesadas	Irritante pele olhos e vias respiratórias, compromete sistema nervoso central	0,027	8 ppm	300	
	Sulfeto de Hidrogênio	Irritante, asfixiante químico				
	Amônia	Irritante olhos e vias respiratórias	0,013	20 ppm	300	
	Benzeno	causa leucemia	0,01	1 ppm	-	
	DEA - Dietalnomina	Irritação olhos e pele, lesões fígado e rins	0,025	2 mg/m ³	-	1,963
	Fenol	Irritante vias respiratórias, dano pulmão, compromete sistema nervoso central,	0,05	4 ppm	250	
	C1-C4	compromete sistema nervoso central	0,040	470 ppm	-	

Mercúrio	compromete sistema nervoso central, dano nos rins	1,725	0,04 mg/m ³	28
	Irritante pele olhos e vias respiratórias compromete sistema nervoso central	0,014	176 mg/m ³	-
	Irritante pele olhos e vias respiratórias compromete sistema nervoso central	0,010	100 mg/m ³	-
	Irritante pele olhos e vias respiratórias	0,050	2 mg/m ³	250
Naftas Leves	Irritante pele olhos e vias respiratórias, asfixiante químico	0,027	8 ppm	300
Naftas Pesadas	causa leucemia Irritante pele	0,01 0,012	1 ppm 0,8 ppm	-
Hidróxido de sódio	Irritante vias respiratórias, dano pulmão, compromete sistema nervoso central,	0,081	4 ppm	250
Sulfeto de Hidrogênio	Irritante pele olhos e vias respiratórias	0,027	8 ppm	300
Benzeno	Irritante vias respiratórias, dano pulmão, compromete sistema nervoso central,	0,004	176 mg/m ³	-
Cloro	Irritante pele olhos e vias respiratórias compromete sistema nervoso central	0,013	100 mg/m ³	-
Fenol	Irritante pele olhos e vias respiratórias compromete sistema nervoso central	0,013	20 ppm	300
Naftas Leves	Irritante olhos e vias respiratórias	0,013	20 ppm	300
Naftas Pesadas	Irritante olhos e vias respiratórias	0,013	20 ppm	300
Amônia	Irritante olhos e vias respiratórias	0,013	20 ppm	300

8	Benzeno	causa leucemia	0,01	1 ppm	-
	DEA - Dietalonomina	Irritação olhos e pele, lesões fígado e rins	0,023	2 mg/m ³	-
	Fenol	Irritante vias respiratórias, dano pulmão, compromete sistema nervoso central, compromete sistema nervoso central	0,065	4 ppm	250
	C1-C4	compromete sistema nervoso central, dano nos rins	0,039	470 ppm	-
	Mercurio	Irritante pele olhos e vias respiratórias compromete sistema nervoso central	0,275	0,04 mg/m ³	28
	Naftas Leves	Irritante pele olhos e vias respiratórias compromete sistema nervoso central	0,004	176 mg/m ³	-
	Naftas Pesadas	Irritante pele olhos e vias respiratórias compromete sistema nervoso central	0,008	100 mg/m ³	-
	Sulfeto de Hidrogênio	Irritante pele olhos e vias respiratórias, asfixiante químico	0,020	8 ppm	300
9	Benzeno	causa leucemia	0,01	1 ppm	-
	Naftas Leves	Irritante pele olhos e vias respiratórias compromete sistema nervoso central	0,007	176 mg/m ³	0,027
	Naftas Pesadas	Irritante pele olhos e vias respiratórias compromete	0,010	100 mg/m ³	-

10	Benzeno	causa leucemia	0,058	1 ppm	-	
		Irritante vias respiratórias, dano pulmão, compromete sistema nervoso central,	0,081	4 ppm	250	0,248
11	Fenol	Irritante pele olhos e vias respiratórias compromete sistema nervoso central	0,087	176 mg/m ³	-	
		Irritante pele olhos e vias respiratórias compromete sistema nervoso central	0,022	100 mg/m ³	-	
12	Naftas Leves	Irritante pele olhos e vias respiratórias compromete sistema nervoso central	0,01	1 ppm	-	
		causa leucemia	0,15	0,04 mg/m ³	28	
11	Naftas Pesadas	compromete sistema nervoso central, dano nos rins	0,004	176 mg/m ³	-	0,201
		Irritante pele olhos e vias respiratórias compromete sistema nervoso central	0,011	100 mg/m ³	-	
11	Benzeno	Irritante pele olhos e vias respiratórias compromete sistema nervoso central	0,012	8 ppm	300	
		Irritante pele olhos e vias respiratórias, asfixiante químico	0,025	4ppm	100	
12	Mercúrio	Irritante olhos e vias respiratórias	0,025	4ppm	100	
11	Naftas Leves					
11	Naftas Pesadas					
12	Sulfeto de Hidrogênio					
12	Ácido Clorídrico					

Ácido Nítrico	Irritante olhos e vias respiratórias	0,05	2 ppm	100
Amônia	Irritante olhos e vias respiratórias	0,030	20 ppm	300
Benzeno	causa leucemia	0,016	1 ppm	-
DEA - Dietalonomina Etanol	Irritação olhos e pele, lesões fígado e rins	0,02	2 mg/m ³	-
C1-C4	compromete sistema nervoso central	0,003	4 ppm	250
Mercúrio	compromete sistema nervoso central, dano nos rins	0,026	470 ppm	-
Naftas Leves	Irritante pele olhos e vias respiratórias compromete sistema nervoso central	0,1	0,04 mg/m ³	28
Naftas Pesadas	Irritante pele olhos e vias respiratórias compromete sistema nervoso central	0,005	176 mg/m ³	-
Sulfeto de Hidrogênio	Irritante pele olhos e vias respiratórias, asfixiante químico	0,017	100 mg/m ³	-
Benzeno	causa leucemia	0,012	8 ppm	300
Naftas Leves	Irritante pele olhos e vias respiratórias compromete sistema nervoso central	0,004	1 ppm 176 mg/m ³	0,022

21	Naftas Pesadas	Benzeno	Irritante pele olhos e vias respiratórias compromete sistema nervoso central	0,008	100 mg/m ³	-	-
		Fenol	Irritante via respiratória, dano pulmão, compromete sistema nervoso central,	0,066	1 ppm	250	0,088
	Naftas Leves	Benzeno	Irritante pele olhos e vias respiratórias compromete sistema nervoso central	0,004	4 ppm	-	-
		Fenol	Irritante pele olhos e vias respiratórias compromete sistema nervoso central	0,004	176 mg/m ³	-	-
22	Naftas Leves	Benzeno	Irritante pele olhos e vias respiratórias compromete sistema nervoso central	0,008	100 mg/m ³	-	-
		Fenol	Irritante pele olhos e vias respiratórias compromete sistema nervoso central	0,004	1 ppm	176 mg/m ³	0,022
	Naftas Pesadas	Benzeno	Irritante pele olhos e vias respiratórias compromete sistema nervoso central	0,008	100 mg/m ³	-	-
		Fenol	Irritante pele olhos e vias respiratórias compromete sistema nervoso central	0,01	1 ppm	-	0,287
25			causa leucemia				

Fenol	Irritante vias respiratórias, dano pulmão, compromete sistema nervoso central,	0,05	4 ppm	250
	Irritante pele olhos e vias respiratórias compromete sistema nervoso central	0,091	176 mg/m ³	-
Naftas Leves	Irritante pele olhos e vias respiratórias compromete sistema nervoso central	0,136	100 mg/m ³	-
	Irritante pele olhos e vias respiratórias compromete sistema nervoso central	0,136	100 mg/m ³	-
Naftas Pesadas	Benzeno causa leucemia	0,01	1 ppm	-
	Irritante vias respiratórias, dano pulmão, compromete sistema nervoso central,	0,077	4 ppm	250
26	Irritante pele olhos e vias respiratórias compromete sistema nervoso central	0,005	176 mg/m ³	-
	Irritante pele olhos e vias respiratórias compromete sistema nervoso central	0,009	100 mg/m ³	-
Naftas Leves	Benzeno causa leucemia	0,01	1 ppm	-
	Irritante pele olhos e vias respiratórias compromete sistema nervoso central	0,005	176 mg/m ³	-
Naftas Pesadas	Irritante pele olhos e vias respiratórias compromete sistema nervoso central	0,042	100 mg/m ³	-
	Irritante pele olhos e vias respiratórias compromete sistema nervoso central	0,042	100 mg/m ³	-
27	Benzeno causa leucemia	0,01	1 ppm	-
	Irritante pele olhos e vias respiratórias compromete sistema nervoso central	0,005	176 mg/m ³	-
Naftas Leves	Irritante pele olhos e vias respiratórias compromete sistema nervoso central	0,042	100 mg/m ³	0,057
	Irritante pele olhos e vias respiratórias compromete sistema nervoso central	0,042	100 mg/m ³	-

28	Benzeno	causa leucemia Irritante pele olhos e vias respiratórias compromete sistema nervoso central	0,01 0,011	1 ppm 176 mg/m ³	-	-	0,052
	Naftas Leves	Irritante pele olhos e vias respiratórias compromete sistema nervoso central	0,031	100 mg/m ³	-	-	
30	Naftas Pesadas	Irritante pele olhos e vias respiratórias compromete sistema nervoso central	0,01	1 ppm	-	-	0,063
	Benzeno	causa leucemia Irritante vias respiratórias, dano pulmão, compromete sistema nervoso central,	0,05	4 ppm	250	-	
	Fenol	Irritante pele olhos e vias respiratórias compromete sistema nervoso central	0,004	176 mg/m ³	-	-	0,063
	Naftas Leves	Irritante pele olhos e vias respiratórias compromete sistema nervoso central	0,008	100 mg/m ³	-	-	
	Naftas Pesadas	Irritante pele olhos e vias respiratórias compromete sistema nervoso central					

Tabela 5 – Dados para seleção e Respiradores e Filtros

4.6. Respiradores para uso rotineiro por Grupo de Exposição

Apresentamos na tabela a seguir os respiradores para uso rotineiro com base nas avaliações ambientais atuais. Com a atualização dos dados quantitativos esta seleção deverá ser atualizada.

GHE	Agentes Químicos	Tipos de Respiradores	Filtros
3	Benzeno, C1-C4, Naftas Leves, Naftas Pesadas	Purificador de ar não motorizado, com peça semifacial e óculos ampla visão.	Classe 1 para vapores orgânicos
	Amônia – NH ³	Purificador de ar não motorizado, com peça facial inteira	Classe 1 para amônia
	Mercúrio	Purificador de ar não motorizado, com peça semifacial.	Classe 1 para mercúrio
	Sulfeto de Hidrogênio	Purificador de ar não motorizado, com peça semifacial e óculos ampla visão.	Classe 1 para gases ácidos
4	Benzeno, C1-C4, Naftas Leves, Naftas Pesadas, DEA - Dietalonomina	Purificador de ar não motorizado, com peça semifacial e óculos ampla visão.	Classe 1 para vapores orgânicos
	Amônia – NH ³	Purificador de ar não motorizado, com peça facial inteira	Classe 1 para amônia
	Mercúrio	Purificador de ar não motorizado, com peça semifacial.	Classe 1 para mercúrio
	Fenol, Hidróxido de sódio	Purificador de ar não motorizado, com peça semifacial.	Classe 1 combinado P1/ vapores orgânicos
6	Sulfeto de Hidrogênio	Purificador de ar não motorizado, com peça semifacial e óculos ampla visão.	Classe 1 para gases ácidos
	Benzeno, Naftas Leves, Naftas Pesadas	Purificador de ar não motorizado, com peça semifacial e óculos ampla visão.	Classe 1 para vapores orgânicos
	Fenol	Purificador de ar não motorizado, com peça	Classe 1 combinado P1/ vapores orgânicos

		Cloro	semifacial. Purificador de ar não motorizado, com peça semifacial e óculos ampla visão.	Classe 1 para gases ácidos
		Benzeno, C1-C4, Naftas Leves, Naftas Pesadas, DEA - Dietalonomina	Purificador de ar não motorizado, com peça semifacial e óculos ampla visão.	Classe 1 para vapores orgânicos
		Amônia – NH ³	Purificador de ar não motorizado, com peça facial inteira Purificador de ar não motorizado, com peça semifacial.	Classe 1 para amônia
8		Mercúrio	Purificador de ar não motorizado, com peça semifacial.	Classe 1 para mercúrio
		Fenol	Purificador de ar não motorizado, com peça semifacial.	Classe 1 combinado P1/ vapores orgânicos
		Sulfeto de Hidrogênio	Purificador de ar não motorizado, com peça semifacial e óculos ampla visão.	Classe 1 para gases ácidos
9		Benzeno, Naftas Leves, Naftas Pesadas	Purificador de ar não motorizado, com peça semifacial e óculos ampla visão.	Classe 1 para vapores orgânicos
10		Benzeno, Naftas Leves, Naftas Pesadas	Purificador de ar não motorizado, com peça semifacial e óculos ampla visão.	Classe 1 para vapores orgânicos
		Fenol	Purificador de ar não motorizado, com peça semifacial.	Classe 1 combinado P1/ vapores orgânicos
		Benzeno, Naftas Leves, Naftas Pesadas	Purificador de ar não motorizado, com peça semifacial e óculos ampla visão.	Classe 1 para vapores orgânicos
11		Mercúrio	Purificador de ar não motorizado, com peça semifacial.	Classe 1 para mercúrio
		Sulfeto de Hidrogênio	Purificador de ar não motorizado, com peça semifacial e óculos ampla visão.	Classe 1 para gases ácidos
12		Benzeno, C1-C4, Naftas Leves, Naftas Pesadas, DEA – Dietalonomina,	Purificador de ar não motorizado, com peça semifacial e óculos ampla visão.	Classe 1 para vapores orgânicos

		Etanol	ampla visão. Purificador de ar não motorizado, com peça facial inteira	
		Amônia – NH ³	Purificador de ar não motorizado, com peça facial inteira	Classe 1 para amônia
		Mercúrio	Purificador de ar não motorizado, com peça semifacial.	Classe 1 para mercúrio
		Sulfeto de Hidrogênio, ácido clorídrico, ácido nítrico	Purificador de ar não motorizado, com peça semifacial e óculos ampla visão.	Classe 1 para gases ácidos
20		Benzeno, Naftas Leves, Naftas Pesadas	Purificador de ar não motorizado, com peça semifacial e óculos ampla visão.	Classe 1 para vapores orgânicos
21		Benzeno, Naftas Leves, Naftas Pesadas	Purificador de ar não motorizado, com peça semifacial e óculos ampla visão. Purificador de ar não motorizado, com peça semifacial.	Classe 1 para vapores orgânicos
		Fenol	Purificador de ar não motorizado, com peça semifacial.	Classe 1 combinado P1/ vapores orgânicos
22		Benzeno, Naftas Leves, Naftas Pesadas	Purificador de ar não motorizado, com peça semifacial e óculos ampla visão.	Classe 1 para vapores orgânicos
25		Benzeno, Naftas Leves, Naftas Pesadas	Purificador de ar não motorizado, com peça semifacial e óculos ampla visão.	Classe 1 para vapores orgânicos
		Fenol	Purificador de ar não motorizado, com peça semifacial.	Classe 1 combinado P1/ vapores orgânicos
26		Benzeno, Naftas Leves, Naftas Pesadas	Purificador de ar não motorizado, com peça semifacial e óculos ampla visão.	Classe 1 para vapores orgânicos
		Fenol	Purificador de ar não motorizado, com peça semifacial.	Classe 1 combinado P1/ vapores orgânicos
27		Benzeno, Naftas Leves, Naftas Pesadas	Purificador de ar não motorizado, com peça semifacial e óculos ampla visão.	Classe 1 para vapores orgânicos
28		Benzeno, Naftas Leves, Naftas Pesadas	Purificador de ar não motorizado, com peça semifacial e óculos	Classe 1 para vapores orgânicos

30	Benzeno, Naftas Leves, Naftas Pesadas	ampla visão. Purificador de ar não motorizado, com peça semifacial e óculos ampla visão.	Classe 1 para vapores orgânicos
	Fenol	Purificador de ar não motorizado, com peça semifacial.	Classe 1 combinado P1/ vapores orgânicos

Tabela 6 – Respiradores por Grupo de risco

Para otimização no uso dos filtros químicos sugere-se monitoramento das exposições durante a realização das operações , visando identificar exposições específicas em cada operação, e assim , possibilitar a definição do uso dos filtros especiais para os agentes químicos amônia e mercúrio, ou dos demais tipos: gases ácidos e vapores orgânicos, de acordo com as necessidades.

Embora de maior custo possamos utilizar filtros combinados multigases que são aplicáveis para diversos contaminantes químicos, conforme figuras em anexo.

Para efetiva proteção dos trabalhadores a utilização dos respiradores selecionados para uso rotineiro deverá seguir o Programa de Proteção Respiratório, de acordo com a Instrução Normativa nº 1, de 11 de abril de 1994 do Ministério do Trabalho e Emprego.

A adoção do PPR proposto neste estudo de caso, deverá prever a utilização eficiente de proteções respiratórias específicas para uso rotineiro e em condições de risco a exposições agudas. O PPR a ser desenvolvido deverá considerar entre outros aspectos a definição de responsabilidades; a seleção, adaptabilidade e eficiência dos respiradores; o treinamento dos trabalhadores quanto ao uso e conservação dos EPIs; distribuição, controle, inspeção, limpeza, higienização, manutenção e guarda dos respiradores; monitoramento do uso e da exposição dos trabalhadores.

4.6.1 Exemplos de Respiradores



Série 6000

Figura 4 - Modelo de respirador semifacial – Fabricante 3M



Figura 5 - Modelo de respirador peça facial inteira – Fabricante 3M

REFERÊNCIA	APLICAÇÃO
60926	Multigases + P3: Vapores Orgânicos, Cloro, Ácido Clorídrico, Dióxido de Cloro, Dióxido de Enxofre, Sulfeto de Hidrogênio (apenas para fuga), Amônia/Metilamina, Formaldeído e Fluoreto de Hidrogênio + Filtro de Alta Eficiência contra Particulados
6006	Multigases: Vapores Orgânicos, Cloro, Ácido Clorídrico, Dióxido de Cloro, Dióxido de Enxofre, Sulfeto de Hidrogênio (apenas para fuga), Amônia/Metilamina, Formaldeído e Fluoreto de Hidrogênio

Figura 6 – Exemplo de filtros combinados multigases – Fabricante 3M

5. CONCLUSÕES

A adoção imediata dos respiradores, indicados nesta monografia através da Tabela 6 – Respiradores por grupo de risco, propiciou à empresa química estudada aumentar o nível de segurança de seus trabalhadores, nas operações rotineiras onde há risco de exposição à agentes químicos potencialmente perigosos.

O objetivo principal deste estudo de caso, que é a manutenção da saúde ocupacional dos trabalhadores, durante as operações rotineiras de produção de hidrocarbonetos, e subsídios necessário para o seu atendimento, visto que o conjunto respirador e filtro, adequado para cada situação de risco, é fator chave na efetiva proteção do trabalhador.

O uso contínuo desses respiradores durante a permanência do trabalhador nas áreas de risco, conforme as recomendações do Programa de Proteção Respiratória da FUNDACENTRO, propiciará a empresa alcançar os níveis de proteção esperados e assim teremos a manutenção da saúde de seus trabalhadores.

Com a identificação de novos GHEs, com possíveis mudanças nos processo de produção atual, tecnologias ou insumos, serão necessários novos estudos para indicação de respiradores adequados para manutenção níveis de proteção estabelecidos neste estudo.

Não foram indicados neste estudo respiradores para fuga e para ações de contingência, pois para estas situações emergenciais a empresa já dispõe destes equipamentos em seus planos de contingência.

7. ANEXOS

6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ADLEY, F.E. et al. Respiratory protect devices manual: Ann Arbor. AIHA/ACGIH.,1963.162p.
- ALPAUGH, E.L.; HOGAM, T.J. Particulates. In: PLOG, B.A.(ed) Fundamentals of industrial hygiene. 3.ed. Chicago: National Safety Council, 1988. cap.7, p.123-144
- AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS, TLV's e BEI's. Limites de exposição para substâncias químicas e agentes físicos e índices biológicos de exposição. São Paulo: ABHO. Tradução, 2002. 201p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Equipamentos de proteção respiratória: terminologia. NBR 12543. 1999. 45p.
- FUNDACENTRO. Programa de Proteção Respiratória. Recomendações seleção e uso de respiradores; 2002. 170p
- LIEDEL, N.: BUSCH, K.A.; LINCH J. Occupational exposure sampling strategy manual. Cincinnati: NIOSH. Pub. n.77-173,1977. 132 p.
- McKEE, D.; ZAVON, P. Solvents. In: PLOG, B.A.(ed) Fundamentals of industrial hygiene. 3.ed. Chicago: National Safety Council, 1988.cap.6, p.95 – 121
- Manual NIOSH de Estratégia de Amostragem, Apêndice Técnico C. Occupational Exposure Sampling Strategy Manual, DHEW (NIOSH) - Publicação no. 77 – 173
- MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. Equipamento de proteção individual. Norma Regulamentadora NR - 6 .Disponível em: <http://www.mte.gov.br/nr6> - Acesso em: 22 de outubro de 2008.
- MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional. Norma Regulamentadora NR – 7. Disponível em: <http://www.mte.gov.br/nr7> - Acesso em: 22 de outubro de 2008.
- MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. Programa de Prevenção de Riscos Ambientais. Norma Regulamentadora NR – 9. Disponível em: <http://www.mte.gov.br/nr9> - Acesso em: 22 de outubro de 2008.
- MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. Atividades e Operações Insalubres. Normas Regulamentadora. NR15. Disponível em <http://www.mte.gov.br/temas/segsau/legislação/normas/default.asp>
- TORLONI, MAURICIO.: VIEIRA, A.V.: Manual de proteção respiratória. São Paulo: ABHO. 2003. 520 p.: il.
- RAMAZZINI, B. As doenças dos trabalhadores. São Paulo: 2000. 325p.

7.1 Anexo I

Tratamento Estatístico de Agentes Químicos

GHE	Agente Químico	Tratamento Estatístico										Límite de Tolerância ACGIH/NR-15
		VALORES				NORMAL			LOG NORMAL			
		Máx.	MA	DP	MG	DPG			Percentil 95 %	UTL 95,95	MVUE	LT
3	Amônia	0,300	0,211	0,033	0,209	1,145	0,195	0,230	0,261	0,315	0,211	20,00 ppm
	Benzeno	0,010	0,010	0,000	0,010	1,000	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	1,00 ppm
	C1-C4	15,000	5,889	3,655	5,246	1,588	4,486	7,857	11,227	21,314	5,764	470,00 ppm
	Mercurio	0,013	0,005	0,003	0,005	1,580	0,004	0,007	0,010	0,019	0,005	0,04 mg/m³
	Naftas Leves	1,000	0,838	0,074	0,835	1,087	0,793	0,888	0,958	1,090	0,837	176,00 mg/m³
	Naftas Pesadas	1,000	0,838	0,074	0,835	1,087	0,793	0,888	0,958	1,090	0,837	100,00 mg/m³
	Sulfeto de Hidrogênio	0,300	0,125	0,071	0,115	1,475	0,097	0,162	0,217	0,396	0,122	8,00 ppm
	Amônia	0,300	0,213	0,035	0,210	1,154	0,194	0,235	0,266	0,332	0,212	20,00 ppm
	Benzeno	0,010	0,010	0,000	0,010	1,000	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	1,00 ppm
4	DEA	0,050	0,043	0,005	0,042	1,109	0,040	0,046	0,050	0,059	0,042	2,00 mg/m³
	Fenol	0,200	0,200	0,000	0,200	1,000	0,199	0,201	0,200	0,200	0,200	4,00 ppm
	C1-C4	18,000	8,125	5,668	6,772	1,853	5,607	12,558	18,672	48,346	7,974	470,00 ppm
	Hidróxido de Sódio	0,100	0,100	0,000	0,100	1,000	0,099	0,101	0,100	0,100	0,100	2,00 mg/m³
	Mercurio	0,191	0,026	0,058	0,008	3,625	0,009	0,041	0,069	0,354	0,017	0,04 mg/m³
	Naftas Leves	3,300	1,143	0,954	0,959	1,737	0,770	1,698	2,377	1,090	176,00 mg/m³	
	Naftas Pesadas	1,000	0,814	0,107	0,808	1,137	0,745	0,898	0,998	0,814	100,00 mg/m³	
	Sulfeto de Hidrogênio	0,200	0,125	0,046	0,119	1,378	0,103	0,156	0,202	0,331	0,124	8,00 ppm

6	Benzeno	0,010	0,000	0,010	1,000	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	1,00 ppm
	Cloro	0,010	0,010	0,010	1,000	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,80 ppm
	Fenol	0,400	0,225	0,071	0,218	1,278	0,193	0,266	0,326	0,476	4,00 ppm
	Naftas Leves	0,800	0,750	0,053	0,748	1,074	0,716	0,788	0,842	0,940	176,00 mg/m ³
	Naftas Pesadas	1,700	0,875	0,337	0,836	1,342	0,726	1,071	1,357	2,136	8,00 ppm
	Amônia	0,300	0,211	0,033	0,209	1,145	0,195	0,230	0,261	0,315	20,00 ppm
8	Benzeno	0,010	0,010	0,000	0,010	1,000	0,010	0,010	0,010	0,010	1,00 ppm
	DEA	0,040	0,038	0,004	0,038	1,135	0,035	0,041	0,046	0,055	0,038 2,00 mg/m ³
	Fenol	0,300	0,211	0,033	0,209	1,145	0,195	0,230	0,261	0,315	4,00 ppm
	C1-C4	20,000	8,000	5,806	6,632	1,859	5,491	12,355	18,392	47,877	470,00 ppm
	Mercúrio	0,011	0,006	0,003	0,005	1,522	0,005	0,008	0,011	0,019	0,006 0,04 mg/m ³
	Naftas Leves	0,800	0,778	0,044	0,777	1,061	0,751	0,808	0,856	0,928	0,778 176,00 mg/m ³
	Naftas Pesadas	0,800	0,778	0,044	0,777	1,061	0,751	0,808	0,856	0,928	0,778 100,00 mg/m ³
	Sulfeto de Hidrogênio	0,200	0,113	0,035	0,109	1,278	0,096	0,133	0,163	0,238	0,112 8,00 ppm
9	Benzeno	0,010	0,000	0,010	1,000	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	1,00 ppm
	Naftas Leves	1,700	0,938	0,316	0,904	1,306	0,792	1,127	1,402	2,117	9,932 176,00 mg/m ³
	Naftas Pesadas	1,200	0,850	0,141	0,842	1,154	0,776	0,939	1,065	1,329	0,849 100,000 mg/m ³
	Benzeno	0,110	0,024	0,030	0,016	2,184	0,015	0,034	0,058	0,146	0,021 1,00 ppm
10	Fenol	0,400	0,225	0,071	0,218	1,278	0,193	0,266	0,326	0,476	4,00 ppm
	Naftas Leves	25,100	4,691	7,508	2,075	3,373	2,269	8,653	15,331	63,591	3,929 176,00 mg/m ³
	Naftas Pesadas	3,100	1,200	0,699	1,079	1,559	0,952	1,531	2,240	3,767	1,179 100,00 mg/m ³
	Benzeno	0,010	0,010	0,000	0,010	1,000	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010 1,00 ppm
	Mercúrio	0,006	0,004	0,001	0,004	1,224	0,004	0,005	0,006	0,006	0,004 0,04 mg/m ³
11	Naftas Leves	0,800	0,789	0,033	0,788	1,046	0,768	0,812	0,848	0,902	0,789 176,00 mg/m ³
	Naftas Pesadas	1,400	0,856	0,207	0,839	1,218	0,762	0,971	1,160	1,524	0,853 100,00 mg/m ³
	Sulfeto de Hidrogênio	0,100	0,100	0,000	0,100	1,000	0,099	0,101	0,100	0,100	0,100 8,00 ppm

		ppm C									
12	Ácido Clorídrico	0,100	0,000	0,100	1,000	0,098	0,102	0,100	0,100	0,100	4,00 ppm
	Ácido Nitrílico	0,100	0,100	0,000	0,100	1,000	0,099	0,101	0,100	0,100	2,00 ppm
	Amônia	0,900	0,300	0,245	0,254	1,700	0,211	0,422	0,608	1,378	0,287 ppm
	Benzeno	0,020	0,011	0,004	0,011	1,278	0,010	0,013	0,016	0,024	0,011 ppm
	DEA	0,040	0,040	0,000	0,040	1,000	0,040	0,040	0,040	0,040	2,00 mg/m³
	Etanol	5,000	1,350	1,476	1,034	1,899	0,856	1,982	2,971	7,994	1,234 ppm
	C1-C4	15,000	6,250	3,955	5,493	1,652	4,576	8,825	12,545	27,216	6,126 ppm
	Mercurio	0,004	0,004	0,000	0,004	1,000	0,004	0,004	0,004	0,004	0,04 mg/m³
	Naftas Leves	1,100	0,850	0,107	0,845	1,121	0,790	0,921	1,020	1,216	0,850 mg/m³
	Naftas Pesadas	1,900	1,063	0,414	1,006	1,398	0,864	1,343	1,746	2,929	1,057 100,00 mg/m³
20	Sulfeto de Hidrogênio	0,100	0,100	0,000	0,100	1,000	0,099	0,101	0,100	0,100	8,00 ppm
	Benzeno	0,010	0,010	0,000	0,010	1,000	0,010	0,010	0,010	0,010	1,000 ppm
	Naftas Leves	0,800	0,775	0,046	0,774	1,064	0,744	0,809	0,857	0,942	0,775 176,000 mg/m³
	Naftas Pesadas	0,800	0,775	0,046	0,774	1,064	0,744	0,809	0,857	0,942	0,775 100,000 mg/m³
	Benzeno	0,010	0,010	0,000	0,010	1,000	0,010	0,010	0,010	0,010	1,00 ppm
	Fenol	0,300	0,213	0,035	0,210	1,154	0,194	0,235	0,266	0,332	0,212 4,00 ppm
	Naftas Leves	0,800	0,763	0,052	0,761	1,072	0,729	0,800	0,853	0,948	0,763 176,00 mg/m³
	Naftas Pesadas	0,800	0,763	0,052	0,761	1,072	0,729	0,800	0,853	0,948	0,763 100,00 mg/m³
	Benzeno	0,010	0,010	0,000	0,010	1,000	0,010	0,010	0,010	0,010	1,00 ppm
	Naftas Leves	0,800	0,763	0,052	0,761	1,072	0,729	0,800	0,853	0,948	0,763 176,00 mg/m³
21	Naftas Pesadas	0,800	0,775	0,046	0,774	1,064	0,744	0,809	0,857	0,942	0,775 100,000 mg/m³
	Benzeno	0,010	0,010	0,000	0,010	1,000	0,010	0,010	0,010	0,010	1,00 ppm
	Fenol	0,300	0,213	0,035	0,210	1,154	0,194	0,235	0,266	0,332	0,212 4,00 ppm
	Naftas Leves	0,800	0,763	0,052	0,761	1,072	0,729	0,800	0,853	0,948	0,763 176,00 mg/m³
	Naftas Pesadas	0,800	0,763	0,052	0,761	1,072	0,729	0,800	0,853	0,948	0,763 100,00 mg/m³
22	Benzeno	0,010	0,010	0,000	0,010	1,000	0,010	0,010	0,010	0,010	1,00 ppm
	Naftas Leves	0,800	0,763	0,052	0,761	1,072	0,729	0,800	0,853	0,948	0,763 176,00 mg/m³
	Naftas Pesadas	0,800	0,775	0,046	0,774	1,064	0,744	0,809	0,857	0,942	0,775 100,000 mg/m³
	Benzeno	0,010	0,010	0,000	0,010	1,000	0,010	0,010	0,010	0,010	1,00 ppm
	Fenol	0,200	0,200	0,000	0,200	1,000	0,199	0,201	0,200	0,200	4,00 ppm
25	Naftas Leves	57,000	7,800	19,880	1,319	4,586	1,464	12,091	16,153	169,374	3,316 176,00 mg/m³
	Naftas Pesadas	43,500	6,163	15,087	1,353	4,080	1,404	9,638	13,672	119,700	2,998 100,00 mg/m³
	Benzeno	0,010	0,010	0,000	0,010	1,000	0,010	0,010	0,010	0,010	1,00 ppm
26	Fenol	0,300	0,229	0,049	0,225	1,219	0,200	0,266	0,311	0,228	4,00 ppm