

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO

ADRIANA PAULA ORELLANA BOZA

**AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE DOIS TIPOS DE RESPIRADORES
EM ATIVIDADES DE UM GRUPO HOMOGÊNEO DE EXPOSIÇÃO**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA
2014

ADRIANA PAULA ORELLANA BOZA

**AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE DOIS TIPOS DE RESPIRADORES
EM ATIVIDADES DE UM GRUPO HOMOGÊNIO DE EXPOSIÇÃO**

Monografia apresentada ao curso de especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho, do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná como requisito parcial para obtenção do título de especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho.

Orientador: Prof. Esp. Antonio Denardi Junior

CURITIBA
2014

ADRIANA PAULA ORELLANA BOZA

**AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE DOIS TIPOS DE RESPIRADORES
EM ATIVIDADES DE UM GRUPO HOMOGÊNEO DE EXPOSIÇÃO**

Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, pela comissão formada pelos professores:

Orientador:

Prof. Esp. Antonio Denardi Júnior
Professor do XXVIII CEEST, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Banca:

Prof. Dr. Rodrigo Eduardo Catai
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Prof. Dr. André Nagalli
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Prof. M.Eng. Massayuki Mário Hara
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Curitiba
2014

“O termo de aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso”

AGRADECIMENTOS

Durante o período de realização deste curso de especialização, foram muitas as pessoas que me incentivaram a alcançar este objetivo de crescimento profissional, e todos foram, a sua maneira, muito importantes nesta conquista.

Agradeço a todo o corpo docente deste curso que burilaram o conhecimento necessário para uma boa atuação como Engenheira de Segurança do Trabalho, especialmente a orientação desta monografia pelo Professor Denardi e a coordenação do curso pelo Professor Catai.

Agradeço aos meus colegas de classe por tornarem as aulas e os momentos em sala mais agradáveis. Especialmente às minhas amigas de classe Bianca Genaro, Bianca Sella, Mariana Sobreiro e Mayara Orben.

Agradeço ao meu marido Silvio Carloto, aos meus amigos e meus pais que compreenderam minhas ausências e me apoiaram na conquista deste objetivo.

Agradeço aos amigos de trabalho, Gilberto, Lopes, Wilson, Leite, Luely, Charles, Christian, Israel, Pedro, Luiz, Barbosa e Paulo que foram muito atenciosos e solícitos para ajudar com dados para a pesquisa, disponibilidade de tempo e incentivo ao crescimento.

*That the people have the power
To redeem the work of fools
Upon the meek the graces shower
It's decreed, the people rule
SMITH, Pati. SMITH, Fred, 1988¹*

De que as pessoas tem o poder
Para redimir o trabalho que tolos fizeram
A bondade se mostrará sobre os mansos
Está decretado, as pessoas que mandam
SMITH, Pati. SMITH, Fred, 1988¹

RESUMO

Em uma indústria petroquímica do estado do Paraná – Brasil, são fornecidos dois tipos de respiradores para um grupo homogêneo de exposição (GHE) para a execução de suas atividades. Com o questionamento por parte dos funcionários sobre a necessidade de uso ou não de respirador e qual o mais adequado para os contaminantes presentes na área de trabalho deste GHE, este trabalho reuniu dados e informações sobre as características e especificações dos dois tipos de respiradores fornecidos por esta indústria, avaliou estatisticamente com a ferramenta UCL os dados de amostragens em área para gases e vapores de hidrocarbonetos de forma a determinar, com o auxílio da aplicação de um questionário de seleção de respiradores fornecido pela NIOSH e adaptado a realidade desta indústria e da legislação brasileira, o respirador mais adequado ao uso para este GHE. Como resultado este estudo demonstrou a necessidade de uso de respirador tipo facial completo.

Palavras-chaves: Respirador semifacial. Respirador facial completo. Programa de proteção respiratória.

ABSTRACT

In a petrochemical industry in the state of Paraná - Brazil, there are provided two types of respirators for a homogeneous group of exposure (GHE) for the performance of their activities. The employees have questioned about the need of using or not the respirator and which one would be the most suitable for the current contaminants in this GHE workspace, this study gathered data and information on the features and specifications about the two types of respirators provided by this industry, evaluated statistically using the UCL tool the data from sampling in area for gases and hydrocarbon vapors in order to determine, with the help of a respirator selection questionnaire provided by NIOSH and adapted to this industry reality and the Brazilian legislation, the most suitable respirator for use by this GHE. As result this study showed the need of use of a full facepiece respirator.

Keywords: Half-mask respirator. Full facepiece respirator. Respiratory protection program.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – EXEMPLO DE UTILIZAÇÃO DE BALÃO DE TEDLAR	21
FIGURA 2 – RESPIRADOR SEMIFACIAL SÉRIE 7500 DA 3M.....	23
FIGURA 3 – RESPIRADOR FACIAL INTEIRO DRAGER X-PLORE 6300	25
FIGURA 4 – VALORES UCL PARA HIDROCARBONETOS ALIFÁTICOS	31
FIGURA 5 – VALORES UCL PARA NAFTA LEVE	33
FIGURA 6 – VALORES UCL PARA NAFTA PESADA	34

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – RELAÇÃO DE RISCOS PARA ATIVIDADES DO GHE	19
QUADRO 2 – RESPOSTA AO QUESTIONÁRIO PARA SELEÇÃO DE RESPIRADOR	35

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – EFEITOS DA ASFIXIA BIOQUÍMICA PELO MONÓXIDO DE CARBONO	17
TABELA 2 – EFEITOS DA ASFIXIA BIOQUÍMICA PELO GÁS SULFÍDRICO	17
TABELA 3 – VALORES LIMÍTROFES DE EXPOSIÇÃO	18
TABELA 4 – LIMITES DE ALARME MULTIGÁS – ALTAIR 4	20
TABELA 5 – DADOS MONITORAMENTO HIDROCARBONETOS ALIFÁTICOS	30
TABELA 6 – DADOS MONITORAMENTO NAFTA LEVE	32
TABELA 7 – DADOS MONITORAMENTO NAFTA PESADA	32

LISTA DE ACRÔNIMOS E SIGLAS

APR	Análise Preliminar de Risco
ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists
CA	Certificado de Aprovação
CAS	Chemical Abstracts Service Registry Number
EPI	Equipamento de Proteção Individual
FISPQ	Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico
FUNDACENTRO	Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho
GHE	Grupo Homogêneo de Exposição
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
IPVS	Imediatamente Perigoso à Vida ou à Saúde
LEL	Lower Explosive Limit
LT	Limite de Tolerância
MCU	Máxima Concentração de Uso
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health
NR	Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho e Emprego
OSHA	Occupational Safety and Health Administration
PEL	Permissible Exposure Level, Nível de exposição permitida pela OSHA
PFF	Peça Facial Filtrante
PPR	Programa de Proteção Respiratória
REL	Recommended Exposure Limit, Limite de exposição recomendado pela NIOSH
TLV	Threshold Limit Value, Limite de exposição limiar da ACGIH
TWA	Time Weighted Average
UCL	Upper Confidence Limit

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	OBJETIVOS	11
1.2	JUSTIFICATIVAS	12
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1	EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO RESPIRATÓRIA	13
2.2	PROGRAMA DE PROTEÇÃO RESPIRATÓRIA – PPR	14
2.3	RISCOS DE EXPOSIÇÃO	15
3	METODOLOGIA	19
3.1	VERIFICAÇÃO DOS RISCOS DO PPR PARA A ÁREA DE TRABALHO	19
3.2	ANÁLISE ESTATÍSTICA DE MONITORAMENTO EM ÁREA DO GHE	20
3.2.1	Análise estatística monitoramento hidrocarbonetos alifáticos	20
3.2.2	Análise estatística monitoramento nafta leve e nafta pesada	22
3.3	CARACTERIZAÇÃO E SELEÇÃO DOS RESPIRADORES	23
3.3.1	Respirador Semifacial Série 7.500 da 3M	23
3.3.2	Respirador Facial Inteiro Dräger X-PLORE 6300	25
3.3.3	Aplicação de questionário adaptado da NIOSH para seleção de respirador	26
4	APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	29
4.1	EFICIÊNCIA DO DETECTOR MULTIGÁS PARA OS RISCOS DO PPR	29
4.2	ANÁLISE ESTATÍSTICA DE MONITORAMENTO EM ÁREA DO GHE	29
4.2.1	Análise estatística monitoramento hidrocarbonetos alifáticos	29
4.2.2	Análise estatística monitoramento nafta leve e nafta pesada	31
4.3	APLICAÇÃO DE QUESTIONÁRIO ADAPTADO DA NIOSH PARA SELEÇÃO DE RESPIRADOR	34
5	CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS	37
	REFERÊNCIAS	38
	ANEXOS	41

1 INTRODUÇÃO

O uso de um equipamento de proteção respiratória, como o respirador com filtro, deve fornecer efetiva proteção contra a inalação de agentes nocivos do ar de forma a garantir a sanidade do trabalhador².

Cada respirador e o filtro a ele acoplado possui características físicas e funcionais que os classificam e garantem sua adequação ao uso para diferentes tipos de ambientes e agentes nocivos do ar, podendo serem robustos e resistentes a altas concentrações de agentes nocivos ou menores e com menor retenção destes agentes².

Em uma indústria do ramo petroquímico no estado do Paraná – Brasil, uma equipe de trabalho questiona a necessidade do uso de respirador facial completo, considerando o uso do respirador semifacial mais confortável para realização de suas atividades na unidade de destilação desta empresa. A Análise Preliminar de Risco (APR) recomenda o uso do respirador facial completo para algumas atividades desta área.

1.1 OBJETIVOS

Avaliar e relacionar as principais características de dois respiradores utilizados e disponibilizados por uma indústria de forma a determinar qual o equipamento de proteção respiratória é o mais adequado ao uso para um grupo homogêneo de exposição (GHE) na realização de suas atividades na unidade de destilação desta indústria do ramo petroquímico no estado do Paraná – Brasil.

Relacionar os agentes nocivos a que o GHE pode estar exposto, e levantar dados de monitoramentos realizados avaliando estatisticamente os valores de exposição a hidrocarbonetos no ar, de forma a com estes dados verificar a adequação ao uso dos dois tipos de respiradores em questão, utilizando como ferramenta de seleção um questionário adaptado da NIOSH para seleção de respiradores.

1.2 JUSTIFICATIVAS

O questionamento de adequação ao uso de um tipo de respirador por um grupo de trabalho pode indicar que uma nova avaliação de qual equipamento é o mais adequado para aquela atividade deve ser feita, o programa de proteção respiratória deve ser revisto de tempos em tempos, bem como devem ser avaliados periodicamente o treinamento para utilização e manutenção correta dos respiradores³.

As diferenças físicas entre as pessoas pode fazer com que diferentes tipos ou tamanhos de respiradores sejam necessários para atender uma mesma equipe, além das características de regime de trabalho e do tipo de agentes tóxicos presentes no ar².

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO RESPIRATÓRIA

Os equipamentos de proteção respiratória devem ser usados após avaliação de ações de minimização dos agentes tóxicos do local de trabalho, através de melhoramento do sistema de ventilação, substituição de substâncias tóxicas usadas no processo, dentre outras alternativas. Quando estas medidas já não forem viáveis, não forem capazes de evitar completamente o contato do trabalhador com substâncias nocivas inaláveis, ou em situações de emergência, os respiradores adequados a cada situação devem ser utilizados².

O uso de equipamento de proteção respiratória evita doenças e a morte de muitos trabalhadores em todo o mundo. Estes equipamentos podem proteger o usuário de duas maneiras básicas, com a remoção dos agentes tóxicos do ar, ou suprindo o usuário com uma fonte de ar respirável⁴.

Na seleção de respiradores devem ser considerados vários fatores, dentre eles a atividade do usuário, se o usuário permanece durante um turno inteiro com o respirador ou exerce atividade com esforço físico. Tempo de uso do respirador, características e limitações dos diversos tipos de respiradores existentes, e sempre ressaltando, que todos os respiradores devem ser aprovados, isto é, possuir Certificado de Aprovação (CA) emitido pelo Ministério do Trabalho e do Emprego².

Também deve se atentar se os funcionários possuem pelos faciais que prejudicam a vedação, a haste do óculos de segurança, quando necessário, não deve ficar sob as tiras, e o mesmo cuidado para que o capacete, protetor auricular, ou outros Equipamentos de Proteção Individual (EPI) não interfiram na vedação do respirador².

Para os casos em que a o ambiente de trabalho possui contaminantes no ar, com suspeita de ser, ou com concentrações superiores ao valor Imediatamente Perigoso à Vida ou à Saúde (IPVS) deve-se usar o respirador tipo máscara autônoma de pressão positiva, com peça facial inteira, ou um respirador de linha de ar comprimido de demanda de pressão positiva, com peça facial inteira, combinado com cilindro auxiliar para escape², sendo que os valores da concentração IPVS são

publicados pela National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) sob a sigla IDHL, que remete ao seu significado em português⁵.

A ABNT NBR 13696:2010⁶ normaliza as classes e os tipos de filtros químicos e combinados usados em respiradores, a ABNT NBR 13694:1996⁷ as peças semifacial e quarto facial de equipamentos de proteção respiratória e a ABNT NBR 13695:1996⁸ os equipamentos de proteção respiratória de peça facial inteira.

A NR 6⁹, em seu Anexo I: Lista de Equipamentos de Proteção Individual relaciona no item D os EPIs de proteção respiratória.

2.2 PROGRAMA DE PROTEÇÃO RESPIRATÓRIA - PPR

No Brasil, a referência mais indicada como guia para a definição da forma como o PPR será aplicado e gerenciado em uma empresa é o livro da FUNDACENTRO, Programa de Proteção Respiratória – Recomendações, Seleção e Uso de Respiradores com coordenação técnica de Maurício Torloni². Esta mesma publicação também é mencionada como referência pela ABNT NBR 13696:2010⁶ e a Instrução Normativa n.º 1, de 11 de abril de 1994¹⁰, lembrando que devem prevalecer as informações adicionais constantes em Normas Regulamentadoras de Segurança e Saúde no Trabalho do Ministério do Trabalho e do Emprego.

O PPR deve ser um documento que contém no mínimo os procedimentos operacionais escritos de conservação e manutenção de respiradores, administração do programa, exame médico do candidato ao uso, seleção de respiradores, treinamento, ensaios de vedação, manutenção, inspeção, higienização de guarda dos respiradores, uso de respiradores para fuga, emergências e resgates e avaliação periódica do programa².

A administração do programa deve ser de responsabilidade de apenas uma pessoa que possua conhecimentos de proteção respiratória suficientes para fazer a correta administração do programa. O administrador será responsável pelo preparo dos procedimentos, monitoramentos, registros e avaliação do PPR².

A seleção dos tipos de respiradores deve considerar todas as características inerentes ao trabalhador e ao ambiente de realização do trabalho, as propriedades físicas e efeitos fisiológicos do material tóxico, a natureza de operação do processo, a localização em relação a área de risco e a área mais próxima com ar respirável, o

tempo de uso e o esforço realizado durante o uso do respirador pelo trabalhador, as características de cada tipo de respirador e os fatores de proteção atribuídos para os diversos tipos de respiradores².

Em um mundo ideal cada trabalhador com potencial de exposição a agentes tóxicos deveria ser avaliado individualmente para determinação dos riscos que devem ser mitigados, no entanto como fazer um levantamento desta forma seria demasiado demorado e oneroso, utilizam-se estratégias de amostragem e de seleção de trabalhadores que serão amostrados para avaliação dos riscos. Deve-se relacionar um grupo de trabalhadores que estejam expostos a riscos similares de exposição, este grupo é chamado GHE, grupo homogêneo de exposição. Estatisticamente este levantamento e sorteio pode ser feito de diversas formas, havendo diversas bibliografias recomendadas¹¹.

No PPR deve constar como será feito o treinamento, o ensaio de vedação para todos usuários de respirador da empresa e como deve ser feito o registro destes, além de procedimentos para a manutenção, inspeção, higienização e guarda dos respiradores².

A análise dos riscos aos quais o trabalhador está exposto deve ser o mais criteriosa possível para que se desenvolva um bom PPR, sem o conhecimento dos agentes tóxicos presentes e suas concentrações se torna inviável a seleção do tipo de respirador e o tipo de filtro a ele associado². O monitoramento de um dado risco deve ser feito de forma sistemática e repetitiva, segundo a NR 9¹² do Ministério do Trabalho e do Emprego.

2.3 RISCOS DE EXPOSIÇÃO

A NR 15¹³ no seu Anexo 11, relaciona os agentes químicos cuja insalubridade é caracterizada por limite de tolerância e inspeção no local de trabalho, a OSHA no código de leis federais dos Estados Unidos *TITLE 29 part 1910.1000*, tabelas Z-1, Z-2 e Z-3¹⁴ relaciona os níveis de exposição permitidos para uma jornada de trabalho de diferentes compostos para os quais não exige o uso de proteção respiratória, quando estes limites são ultrapassados seria necessário o uso de respiradores obedecidos os requisitos de um PPR e as leis brasileiras¹⁵.

Nos postos de trabalho analisados para o GHE em estudo, sabe-se que no ar pode ocorrer presença de vapores orgânicos, como nafta leve, nafta pesada e hidrocarbonetos alifáticos, fenol, dietanolamina, sulfeto de hidrogênio e monóxido de carbono, como principais agentes tóxicos que devem ter sua exposição ao trabalhador diminuída e/ou eliminada. O levantamento do tipo de agentes tóxicos presentes, ou que podem ocorrer eventualmente, nestas áreas, foi feita pela equipe de segurança do trabalho com diversas amostragens feitas durante o período de elaboração do PPR da empresa estudo de caso. Estes agentes tóxicos constavam na versão atual do PPR no período em que este trabalho foi desenvolvido.

A medição da concentração de agentes químicos para a avaliação do grau de exposição do trabalhador, deve sempre ser feita na zona respiratória (aproximadamente 20 cm do nariz), sendo que os resultados obtidos devem ser comparados primeiro a NR 15¹³ e a seguir em outras fontes de valor de referência, sempre buscando atender às restrições mais rigorosas de forma a prover uma maior proteção do trabalhador¹⁵.

É de fundamental importância conhecer os efeitos sobre a saúde, segurança e toxicologia dos agentes tóxicos e as situações que estes podem causar no ambiente de trabalho e ao trabalhador. As informações sobre produtos químicos encontrados na empresa podem ser obtidas na Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico (FISPQ), fornecida pelo fabricante, ou no caso de produtos gerados durante o processamento deve-se fazer o levantamento destas informações¹⁵.

Segundo TORLONI (2003)¹⁵, os gases vapores orgânicos são aqueles que contêm carbono em sua estrutura molecular, podendo ser formados apenas de hidrogênio e carbono, ou podendo também conter átomos de oxigênio, cloro ou mesmo metais. Os gases e vapores ácidos são os que já são ácidos, ou assim se tornam ao reagirem com água, contendo íons de hidrogênio (H⁺), capazes de se dissociar na presença de água.

Os efeitos tóxicos no organismo devido a gases e vapores químicos pode comprometer as vias aéreas levando a uma série de respostas pulmonares, que vão desde irritação aguda até hipersensibilidade, além de danos a outras partes do corpo humano¹⁵.

O monóxido de carbono provoca a chamada asfixia bioquímica, pois interfere no transporte do oxigênio até as células por se combinar com a

hemoglobina mais rapidamente que o oxigênio. O gás sulfídrico, ou sulfeto de hidrogênio, pode causar paralisia respiratória, perda de sensibilidade do olfato, devido paralisa a parte do cérebro que controla a respiração e o odor. Os efeitos da asfixia destes compostos estão demonstrados na Tabela 1 e Tabela 2, respectivamente¹⁵.

Tabela 1 – Efeitos da asfixia bioquímica pelo monóxido de carbono.
(LT = 39 ppm; TLV = 25 ppm; IPVS = 1200 ppm)

Concentração (ppm)	Tempo de exposição	Efeitos
39	8 horas	Nenhum.
200	3 horas	Ligeira dor de cabeça. Desconforto.
600	1 hora	Dor de cabeça. Desconforto.
1000 – 2000	2 horas	Confusão. Dor de cabeça.
1000 – 2000	1,5 hora	Tendência a cambalear.
1000 – 2000	30 minutos	Palpitação leve.
2000 – 5000	30 minutos	Inconsciência.
10000	1 minuto	Fatal

Fonte: TORLONI, 2003, p. 169¹⁵

Tabela 2 – Efeitos da asfixia bioquímica pelo gás sulfídrico.
(LT = 8 ppm; TLV = 10 ppm; IPVS 100 ppm)

Concentração (ppm)	Tempo de exposição	Efeitos
8	8 horas	Nenhum.
50 - 100	1 hora	Irritação moderada na garganta e nos olhos.
200 - 300	1 hora	Forte irritação.
500 - 700	1,5 hora	Inconsciência e morte por paralisia respiratória.
Acima de 1000	Minutos	Inconsciência e morte por paralisia respiratória.

Fonte: TORLONI, 2003, p. 169¹⁵

Segundo dados da empresa que fez o monitoramento ambiental do GHE em estudo, os principais agentes presentes na mistura de vapores e gases que podem ocorrer na área de trabalho, são: éter de petróleo (CAS 8032-32-4), solvente de

borracha (CAS 8030-30-6), nafta de petróleo (CAS 8002-05-9), solventes de Stoddard (aguarrás) (CAS 8052-41-3), querosene (CAS 8008-20-6), butano (CAS 106-97-8; 75-28-5), metano (CAS 74-82-8) e propano (CAS 74-98-6).

A Tabela 3 reúne os valores de limites de tolerância de diversas entidades para o éter de petróleo, solvente de borracha, nafta de petróleo, solventes de Stoddard, querosene, butano, metano e propano, estes dados podem ser obtidos em consulta a base de dados da OSHA para informações de amostragem de produtos químicos¹⁶.

Tabela 3 – Valores limítrofes de exposição

Composto	LT pela NR 15 (ppm)	PEL pela OSHA (ppm)	TLV pela ACGIH (ppm)	REL pela NIOSH (ppm)	IPVS pela NIOSH (ppm)
Éter de petróleo	310	Não consta	Retirado em 2009	350	1100
Solvente de borracha	Não consta	100	Não consta	100	Não consta
Nafta de petróleo	Não consta	500	Retirado em 2009	350	1100
Solventes de Stoddard	Não consta	500	100	350	20000
Querosene	Não consta	Não consta	Não consta	100	Não consta
Butano	470	Não consta	1000	800	Não consta
Metano	asfixiante	Não consta	1000	Não consta	Não consta
Propano	asfixiante	1000	2500	1000	2100

Fonte: Autoria própria

3 METODOLOGIA

3.1 VERIFICAÇÃO DOS RISCOS DO PPR PARA A ÁREA DE TRABALHO

No PPR da indústria petroquímica em estudo estão relacionados os principais riscos aos quais o GHE que atua na área de destilação poderia estar exposto. Durante o período em que este levantamento foi realizado constavam como riscos de exposição para atividades de rotina os agentes listados no Quadro 1.

Atividade	Risco
Coleta de amostras	Hidrocarbonetos
Drenagem de produtos	Hidrocarbonetos
Acompanhamento do carregamento de amônia	Amônia

Quadro 1 – Relação de riscos para atividades do GHE

Fonte: Indústria Petroquímica (2014)¹⁷

O setor de segurança do trabalho possui também uma relação dos principais agentes nocivos que podem estar presentes no ar para o GHE em estudo. Esta relação é baseada nas matérias primas utilizadas nesta indústria e nos produtos de reação obtidos no processo de destilação. Estes agentes incluem nafta leve, nafta pesada, hidrocarbonetos alifáticos, amônia, sulfeto de hidrogênio, fenol e dietanolamina (DEA).

Os trabalhadores do GHE em questão executam suas atividades de rotina portando equipamento multigás modelo Altair 4 da MSA Safety, que detecta LEL, oxigênio, monóxido de carbono e gas sulfídrico, fornecendo sinal de alarme em dois níveis, baixo e alto, com configuração para os limites de alarme listados na Tabela 4.

Tabela 4 – Limites de alarme multigás – Altair 4

Alarme	Inferior	Superior
LEL	10%	20%
O ₂	19,5%	23%
CO	20 ppm	40 ppm
H ₂ S	5 ppm	8 ppm

Fonte: Indústria Petroquímica (2014)¹⁷

Com estes dados foi verificado se o valor IPVS das substâncias possíveis de exposição do GHE está atendido pelo detector multigás de forma a garantir a segurança do trabalhador, sendo discutido se o equipamento multigás seria mais eficaz como ferramenta de alerta associada ao uso de respirador ou não.

Neste estudo foi dada prioridade para a avaliação de exposição a hidrocarbonetos principalmente, sendo que não foram levantados os dados para sulfeto de hidrogênio, fenol e DEA. A atividade de acompanhamento de carregamento de amônia, só é realizada com o uso de máscara autônoma de demanda com pressão positiva, e já está contemplado adequadamente no PPR.

3.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA DE MONITORAMENTO EM ÁREA DO GHE

3.2.1 Análise estatística monitoramento hidrocarbonetos alifáticos

Foram avaliados dados de um monitoramento realizado por uma empresa terceira em diferentes datas durante o ano de 2007, sendo estes os dados de monitoramento mais recentes disponíveis no momento do desenvolvimento deste trabalho.

Para o monitoramento, a empresa que prestou o serviço, realizou amostragens em balão de Tedlar de 5L (Figura 1), durante uma jornada inteira de trabalho do funcionário sorteado no dia, o tempo de amostragem foi igual ou superior a 75% da jornada, ou seja, igual ou superior a 6h de trabalho.

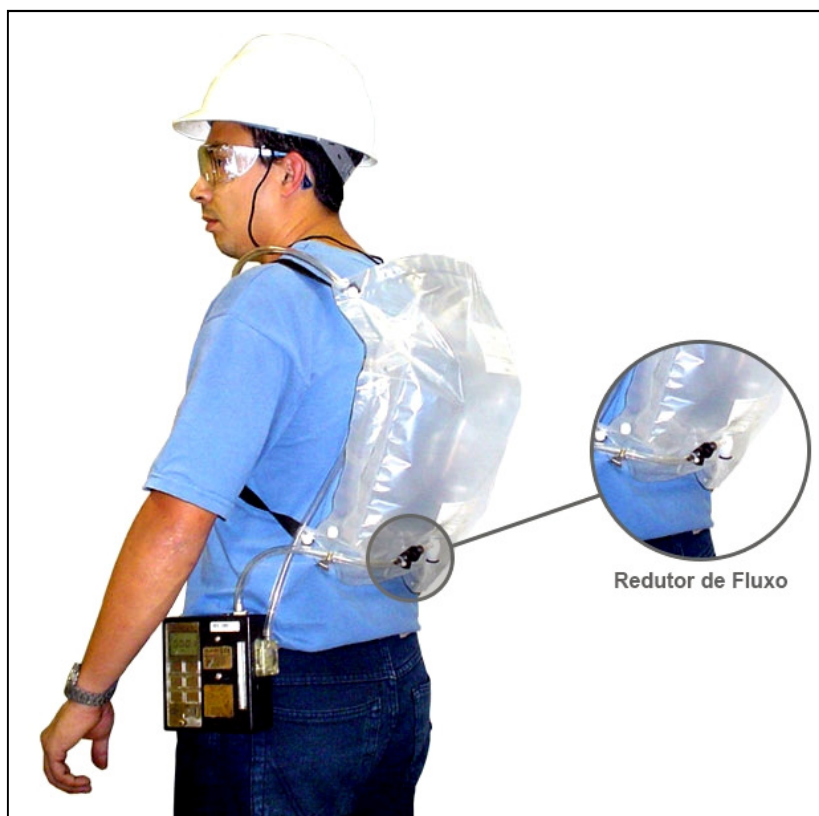


Figura 1 – Exemplo de utilização de balão de Tedlar

Fonte: Environ, 2014¹⁸

As amostras obtidas na coleta foram avaliadas por cromatografia de gás com detector de ionização de chama. Limite de quantificação para este método é de butano 1 ppm; GLP 4 ppm; metano 4 ppm; Propano 1 ppm.

Foi realizada uma análise estatística dos dados obtidos no monitoramento conforme manual da NIOSH estratégia de amostragem para exposição ocupacional¹¹. Assim, foram obtidos os valores de limite máximo de confiança, UCL, dos resultados obtidos de forma a evidenciar a possibilidade de exposição ou não dos trabalhadores aos agentes monitorados.

O limite UCL fornece um resultado com 95% de confiabilidade de que os valores médios encontrados estão abaixo de uma projeção para valores verdadeiros de amostragem em relação a referência de exposição, e leva em consideração o coeficiente de variação (CV) da amostra. Por sua vez o CV é o quociente entre o desvio padrão e a média, com a vantagem de caracterizar a dispersão dos dados em termos relativos a seu valor médio¹¹.

O CV pode ser obtido pela equação:

$$CV = \frac{\bar{X}}{\sigma}$$

Onde \bar{X} é a média dos dados e σ o desvio padrão destes.

O UCL pode ser obtido pela equação:

$$UCL = \left(\frac{X}{Ref} \right) + 1,645 \cdot CV$$

Onde X é o valor da obtido da amostra analisada, Ref é o valor de referência de limite de exposição e CV é o coeficiente de variação.

Os dados obtidos foram plotados em um gráfico para evidenciar os resultados.

3.2.2 Análise estatística monitoramento nafta leve e nafta pesada

Foram avaliados dados de um monitoramento realizado por uma empresa terceira em diferentes datas durante o ano de 2007 e 2008.

Para o monitoramento, a empresa que prestou o serviço, realizou amostragens em tubo de carvão ativo de 100/50 mg referência SKC 226-01, durante uma jornada inteira de trabalho do funcionário sorteado no dia, o tempo de amostragem foi igual ou superior a 75% da jornada, ou seja, igual ou superior a 6h de trabalho.

O método de referência para o período em que foram feitas as coletas de amostras era o NIOSH 1550. Sendo seu limite de detecção de $0,8 \text{ mg/m}^3$, tanto para a nafta leve quanto para a nafta pesada.

Foi realizada uma análise estatística dos dados obtidos no monitoramento conforme manual da NIOSH estratégia de amostragem para exposição ocupacional¹¹. Assim, foram obtidos os valores de limite máximo de confiança, UCL, dos resultados obtidos de forma a evidenciar a possibilidade de exposição ou não dos trabalhadores aos agentes monitorados.

O método para cálculo do limite UCL está descrito no item 3.2.1 deste trabalho.

3.3 CARACTERIZAÇÃO E SELEÇÃO DOS RESPIRADORES

3.3.1 Respirador Semifacial Série 7.500 da 3M

O respirador semifacial Série 7500 da 3M (Figura 2) é fornecido principalmente no tamanho M, sendo que o documento do PPR da empresa estudo de caso restringe seu uso somente a usuários que realizaram o ensaio de vedação.

Para este respirador é fornecido o filtro classe 1 da 3M modelo 6001, que é destinado a vapores orgânicos e, conforme ABNT NBR 13696:2010⁶, é um filtro químico¹⁹.



Figura 2 – Respirador semifacial Série 7500 da 3M

Fonte: 3M, 2014¹⁹

Consultando a Tabela 1 da ABNT NBR 13696:2010⁶, tem-se que a máxima concentração de uso (MCU) para este filtro de vapores orgânicos é de 1000 mL/m³, desde que este valor não ultrapasse o valor IPVS do contaminante e seja menor que o produto: fator de proteção atribuído do respirador purificador utilizado vezes o limite de exposição.

O fator de proteção atribuído para o respirador tipo semifacial, segundo a Instrução Normativa N.º 1, de 11 de abril de 1994¹⁰, é igual a 10, e é o valor que deve ser multiplicado ao valor do LT do contaminante de exposição do trabalhador.

3.3.2 Respirador Facial Inteiro Dräger X-PLORE 6300

O respirador facial inteiro Dräger X-PLORE 6300 (Figura 3) segundo dados do fabricante, possui vedação da face em duas camadas e bordas triplas, o que oferece uma vedação segura para todos os tipos de rostos²⁰. No documento do PPR da empresa estudo de caso não consta a obrigatoriedade do ensaio de vedação para o uso deste tipo de respirador.



Figura 3 – Respirador facial inteiro Dräger X-PLORE 6300

Fonte: Dräger Guide, 2014²⁰

Os filtros disponíveis para este respirador são os seguintes filtros químicos do mesmo fabricante:

- A2B2 – para vapores orgânicos e gases ácidos;
- A2B2E2K1 – para vapores orgânicos, gases ácidos, gases e vapores inorgânicos, amônia, aminas e hidrazinas.

Sendo que o número 2 após as letras se refere a classe do filtro, classe 2²¹.

Consultando a Tabela 1 da ABNT NBR 13696:2010⁶, tem-se que a máxima concentração de uso (MCU) para este filtro de vapores orgânicos e gases ácidos é de 5000 mL/m³, desde que este valor não ultrapasse o valor IPVS do contaminante e seja menor que o produto: fator de proteção atribuído do respirador purificador utilizado vezes o limite de exposição.

O fator de proteção atribuído para o respirador tipo semifacial, segundo a Instrução Normativa N.º 1, de 11 de abril de 1994¹⁰, é igual a 100, e é o valor que deve ser multiplicado ao valor do LT do contaminante de exposição do trabalhador.

3.3.3 Aplicação de questionário adaptado da NIOSH para seleção de respirador

Para a avaliação do respirador mais adequado ao uso em cada atividade, optou-se por utilizar um questionário adaptado da cartilha da NIOSH *Respirator Selection Logic* (Lógica de Seleção de Respirador)²².

Adaptando o questionário para o português, considerando as normas e leis brasileiras e valores adotados pela política de higiene ocupacional da indústria estudo de caso, foi obtido o seguinte questionário de seleção de respiradores para o GHE em estudo neste caso.

1) O respirador é destinado ao uso durante combate a incêndio?

- a) Sim: selecionar respirador com pressão positiva, seguindo normas e regulamentação pertinente;
- b) Não: seguir para a questão 2.

2) O respirador é destinado ao uso em atmosfera deficiente de oxigênio (por exemplo, menos de 19,5% O₂)?

- a) Sim: selecionar respirador com pressão positiva, seguindo normas e regulamentação pertinente;
- b) Não: seguir para a questão 3.

3) O respirador é destinado para uso ou entrada em atmosfera desconhecida ou IPVS (por exemplo, situação de emergência)?

- a) Sim: selecionar respirador com pressão positiva, seguindo normas e regulamentação pertinente;
- b) Não: seguir para a questão 4.

4) A concentração dos contaminantes de exposição, em conformidade com métodos de higiene ocupacional, são sempre menores que os valores da NR 15, ou outro limite de exposição aplicável?

- a) Sim: o respirador não é necessário para a realização da atividade segundo a legislação. Seguir para a questão 5 para verificação do nível de ação.
- b) Não: seguir para a questão 6.

5) O valor obtido na determinação do UCL para os contaminantes de exposição indicam a necessidade de atuação por parte da empresa na prevenção desta possível exposição?

- a) Sim: o respirador deve ser definido e incluído no PPR pela empresa para uso conforme legislação. Seguir para a questão 6.
- b) Não: o respirador não é necessário para a realização da atividade. Fim de questionário.

6) Existem condições de o trabalhador que está usando o respirador escapar do posto de trabalho sem morrer ou sofrer danos imediatos ou a longo prazo à sua saúde se o respirador falhar, por exemplo, as condições não são IPVS?

- a) Sim: As condições não são IPVS. Seguir para a questão 7.
- b) Não: selecionar respirador com pressão positiva, seguindo normas e regulamentação pertinente.

7) Os contaminantes são irritantes aos olhos, ou o contaminante pode causar danos aos olhos na concentração existente no ambiente de trabalho?

- a) Sim: É recomendado respirador facial completo. Seguir para questão 8;
- b) Não: Pode ser considerado o respirador semifacial ou um quarto facial na seleção. Seguir para a questão 8.

8) O respirador para gás ou vapor, é um respirador de fuga?

- a) Sim: selecionar respirador seguindo normas e regulamentação pertinente;
- b) Não: Selecionar um respirador com filtro purificador de ar adequado aos agentes químicos contaminantes, seguindo recomendações normativas e do fabricante.

14 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 EFICIÊNCIA DO DETECTOR MULTIGÁS PARA OS RISCOS DO PPR

O detector multigás utilizado pelo GHE possui alarme a partir limite de detecção de LEL de 10%, que é indicativo especialmente para presença de hidrocarbonetos. Considerando o valor IPVS para nafta segundo a NIOSH de 1100 ppm, e que este valor é exatamente o valor correspondente ao alarme de 10% LEL, pode-se concluir que a partir do momento que o detector multigás alarma 10% LEL o trabalhador já deveria estar utilizando respirador para sua proteção, e a partir do alarme o trabalhador deve ausentar-se imediatamente do local, retornando apenas com respirador adequado para atmosfera IPVS conforme legislação.

4.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA DE MONITORAMENTO EM ÁREA DO GHE

4.2.1 Análise estatística monitoramento hidrocarbonetos alifáticos

Foram realizadas 8 amostragens em dias diferentes do ano de 2007 para o monitoramento de hidrocarbonetos alifáticos de até 4 carbonos. Os dados obtidos estão demonstrados na Tabela 5. O valor de referência para tolerância definido pela equipe de higiene ocupacional da indústria estudo de caso é de 200 ppm, valor este inferior aos valores legislativos para estes contaminantes para TWA, mas indicativo para início de ação de tratamento de possível exposição do trabalhador ao contaminante por parte da empresa. Este valor está aplicado na razão com o valor de resultado do monitoramento da Tabela 5.

Tabela 5 – Dados monitoramento hidrocarbonetos alifáticos

Data	Resultado (ppm)	Resultado/Referência (ppm/ppm)
12/05/2007	< 4,0	0,02
15/05/2007	6,0	0,03
12/06/2007	< 4,0	0,02
15/06/2007	7,0	0,03
20/06/2007	15,0	0,06
10/07/2007	5,0	0,02
18/07/2007	5,0	0,02
14/12/2007	5,0	0,02

Fonte: Indústria Petroquímica (2014)¹⁷

Foi verificado que não há normalidade de distribuição dos resultados obtidos pelo teste de Shapiro Wilk, sendo que o CV obtido para estes dados foi de 0,568.

Como o valor obtido para a razão entre resultado e referência para todas as amostras foi inferior a 1, conclui-se que a exposição dos trabalhadores está abaixo dos limites máximos de exposição da indústria estudo de caso, sendo que para a determinação ou não da necessidade de ação por parte da empresa para a possível exposição dos trabalhadores devido a variabilidade dos valores verdadeiros que podem ocorrer, foi feito o cálculo e plotagem dos valores limite UCL, que está demonstrado na Figura 4.

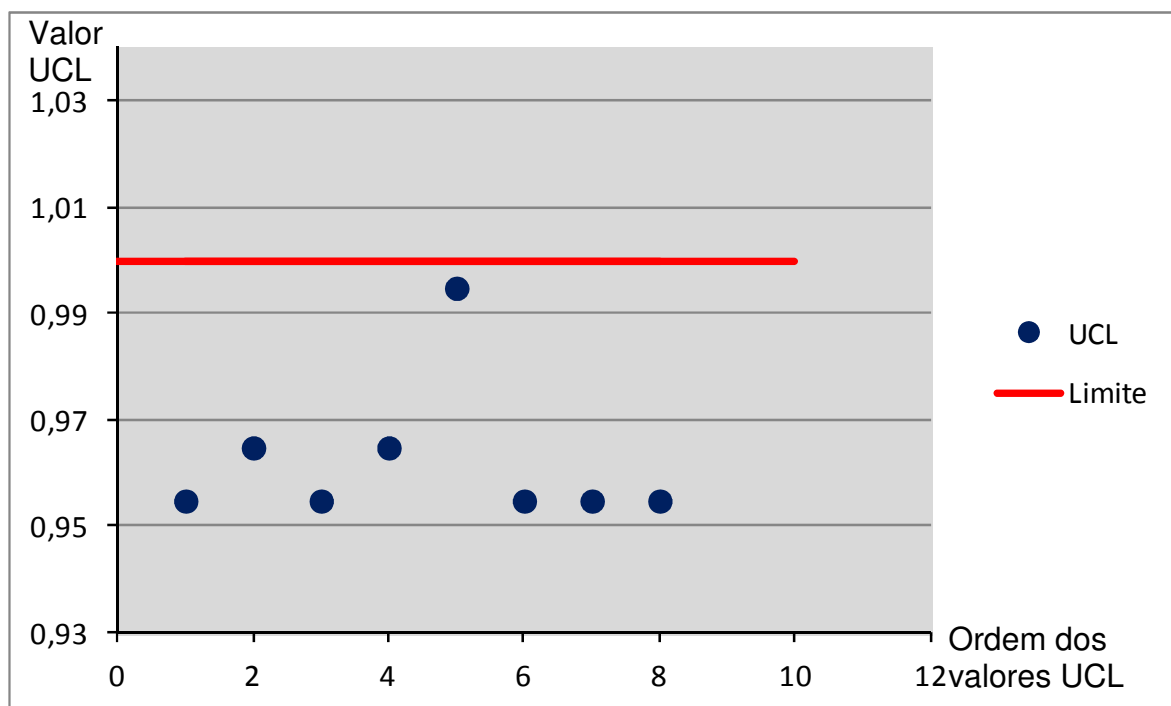


Figura 4 – Valores UCL para hidrocarbonetos alifáticos

Fonte: Autoria própria

Pela análise da Figura 4 fica evidente que todos os valores UCL obtidos, mesmo considerando a alta variabilidade dos resultados obtidos na amostragem, estão abaixo do valor limite 1 que indica a necessidade de ação para possível exposição dos trabalhadores a estes contaminantes. Portanto avaliando somente o risco de exposição dos trabalhadores a hidrocarbonetos alifáticos, conclui-se que há pouca probabilidade de exposição dos trabalhadores a este contaminante, não sendo necessário o uso de respiradores neste caso.

4.2.2 Análise estatística monitoramento nafta leve e nafta pesada

Foram realizadas 9 amostragens em dias diferentes dos anos de 2007 e 2008 para o monitoramento de nafta leve e nafta pesada. Os dados obtidos estão demonstrados nas Tabelas 6 e 7 respectivamente. Os valores de referência para tolerância definido pela equipe de higiene ocupacional da indústria estudo de caso são de 88 ppm para nafta leve e 50 ppm para nafta pesada, valores inferiores aos valores legislativos para estes contaminantes para regime de um dia de trabalho,

TWA, mas indicativo para início de ação de tratamento de possível exposição do trabalhador aos contaminantes por parte da empresa. Estes respectivos valores estão aplicados na razão com o valor de resultado do monitoramento da Tabela 6 e 7 respectivamente.

Tabela 6 – Dados monitoramento nafta leve

Data	Resultado (ppm)	Resultado/Referência (ppm/ppm)
21/05/2007	3,4	0,04
24/05/2007	< 0,8	0,01
07/07/2007	< 0,8	0,01
09/07/2007	15,0	0,17
15/07/2007	2,2	0,03
19/07/2007	< 0,8	0,01
17/10/2007	17,2	0,20
22/11/2007	8,5	0,10
24/02/2008	15,6	0,18

Fonte: Indústria Petroquímica (2014)¹⁷

Tabela 7 – Dados monitoramento nafta pesada

Data	Resultado (ppm)	Resultado/Referência (ppm/ppm)
21/05/2007	1,9	0,04
24/05/2007	< 0,8	0,02
07/07/2007	< 0,8	0,02
09/07/2007	6,5	0,13
15/07/2007	< 0,8	0,02
19/07/2007	< 0,8	0,02
17/10/2007	< 0,8	0,02
22/11/2007	2,1	0,04
24/02/2008	< 0,8	0,02

Fonte: Indústria Petroquímica (2014)¹⁷

O CV obtido para os dados da nafta leve foi de 0,984. Como o valor obtido para a razão entre resultado e referência para todas as amostras foi inferior a 1, conclui-se que a exposição dos trabalhadores está abaixo dos limites de exposição máximos da indústria estudo de caso e atende a legislação, sendo que para a

determinação ou não da necessidade de ação por parte da empresa para a possível exposição dos trabalhadores a nafta leve, foi feito o cálculo do limite UCL, que está demonstrado na Figura 5.

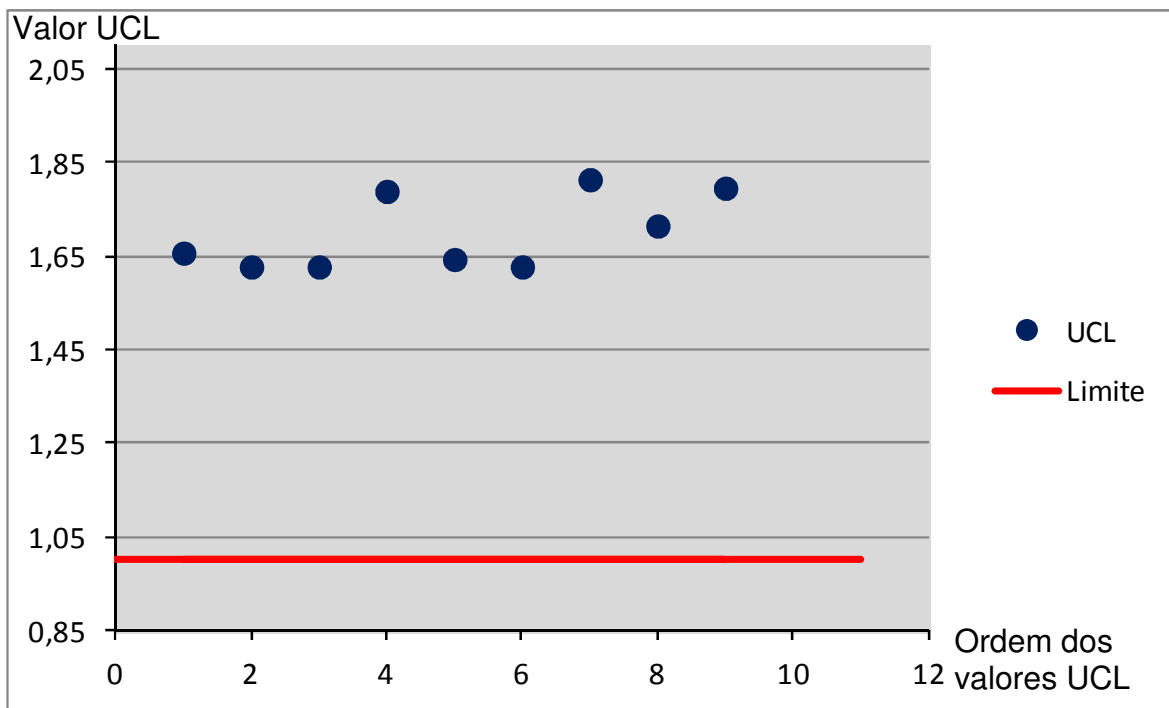


Figura 5 – Valores UCL para nafta leve

Fonte: Autoria própria

Por sua vez, o CV obtido para os dados da nafta pesada foi de 1,102. E, assim como as amostras de outros contaminantes teve valor obtido para a razão entre resultado e referência para todas as amostras inferior a 1, assim, conclui-se que a exposição dos trabalhadores está abaixo dos limites de exposição da indústria estudo de caso e atende a legislação brasileira, sendo que para a determinação ou não da necessidade de ação por parte da empresa para a possível exposição dos trabalhadores a nafta pesada, foi feito o cálculo do limite UCL, que está demonstrado na Figura 6.

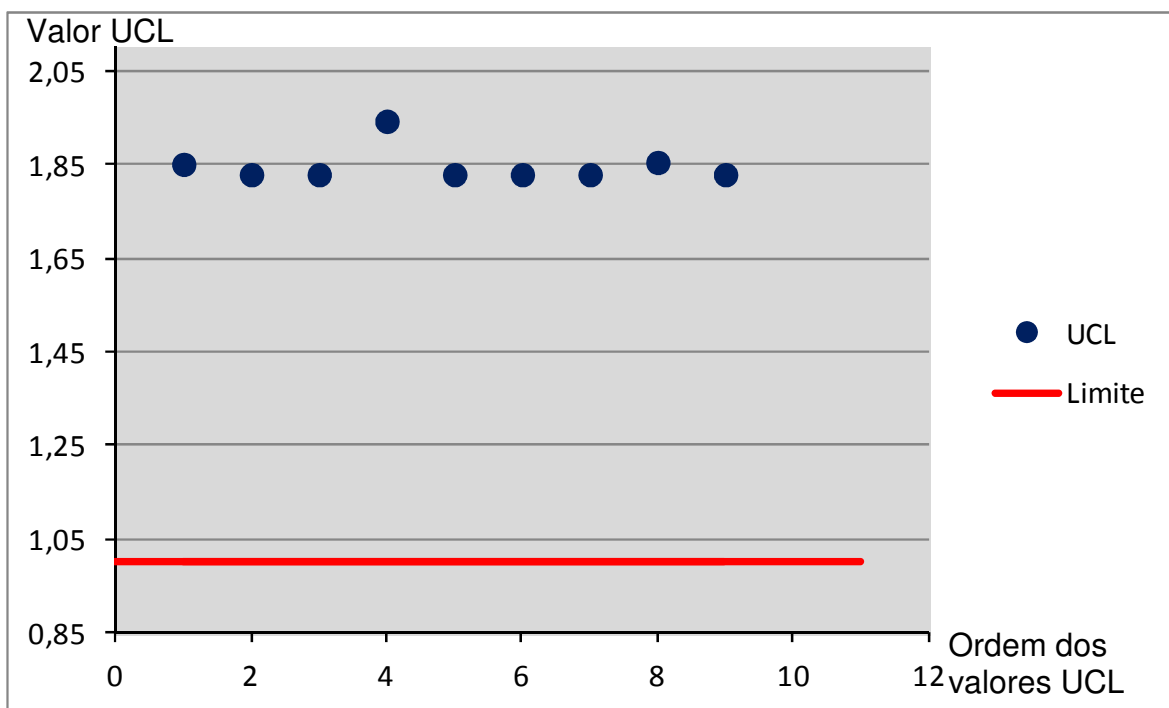


Figura 6 – Valores UCL para nafta pesada

Fonte: Aatoria própria

Para as Figuras 5 e 6, o limite máximo de confiança UCL ficou acima do valor limite igual a 1, o que demonstra que podem ocorrer valores verdadeiros acima do limite de tolerância estipulado pela indústria estudo de caso. Logo deve ser levada em consideração a possibilidade de exposição dos trabalhadores aos contaminantes nafta leve e nafta pesada, assim a empresa deve tomar providências para a mitigação desta exposição, ou definir o respirador adequado para os trabalhadores durante as atividades que envolvam o contato com estes contaminantes.

4.3 APLICAÇÃO DE QUESTIONÁRIO ADAPTADO DA NIOSH PARA SELEÇÃO DE RESPIRADOR

Com a aplicação do questionário adaptado da NIOSH²² para a avaliação da seleção de respirador para o GHE em estudo, obteve-se o gabarito demonstrado no Quadro 2.

Questão	Resposta
1	b)
2	b)
3	b)
4	a)
5	a)
6	a)
7	a)
8	b)

Quadro 2 – Resposta ao questionário para seleção de respirador

Fonte: Autoria própria

Foram consideradas as questões 5 e 7 como as mais determinantes para a seleção do respirador mais adequado ao uso pelo GHE em estudo.

Na questão 4, está demonstrado que os valores dos resultados das amostragens evidencia que a exposição dos trabalhadores aos contaminantes estudados neste trabalho estão dentro dos valores permitidos como TWA para a legislação brasileira, e inclusive dentro dos valores mais rigorosos determinados pela equipe de higiene ocupacional da indústria estudo de caso, o que indica que não há a necessidade de uso de respirador por esta equipe de trabalho.

No entanto na questão 5, leva-se em consideração os valores obtidos para os limites UCL na avaliação estatística dos dados de amostragem, e esta análise evidencia que devido a alta variância de resultados, uma projeção para os valores verdadeiros que poderiam ocorrer pode estar acima dos valores de referência utilizados pela indústria estudo de caso, tornando necessária uma ação por parte da empresa no sentido preventivo de qualquer tipo de exposição que os trabalhadores possam ter a estes contaminantes, sendo assim necessária a especificação de um respirador adequado ao uso pelos trabalhadores nas atividades em que possam estar presentes especificamente os contaminantes nafta leve e nafta pesada.

Na questão 7 é verificado se os contaminantes presentes no ar podem ser irritantes aos olhos. Esta informação foi verificada com a FISPQ de alguns componentes presentes na mistura dos vapores orgânicos listados e constatada como verdadeira, sendo portanto evidenciada a necessidade de escolha de um respirador tipo facial completo para a realização destas atividades. Somada a avaliação de irritação ou não aos olhos causadas por hidrocarbonetos, como citado

anteriormente neste trabalho, outro contaminante que pode ocorrer na forma de gases e vapores na área de trabalho é o sulfeto de hidrogênio, que também tem característica irritante aos olhos segundo sua FISPQ.

O fato de o sulfeto de hidrogênio ser um vapor inorgânico tipo gás ácido e também estar presente na área de trabalho leva a outra avaliação importante para a escolha do filtro mais adequado ao respirador que deve ser definido para o GHE em estudo, que é a necessidade de uso de um filtro combinado para atendimento não somente a gases e vapores orgânicos como também gases e vapores inorgânicos.

Estas constatações quando relacionadas aos dois tipos de respiradores disponíveis para uso na indústria estudo de caso, levam a indicação do respirador da facial completo com filtro combinado como o mais adequado para este GHE.

5 CONCLUSÃO

A avaliação dos principais contaminantes presentes na forma de gases e vapores no ar a que um GHE pode estar exposto em uma indústria do ramo petroquímico, comparados aos dois tipos de respirador e seus respectivos filtros disponíveis para utilização pelos trabalhadores desta indústria, demonstrou que o respirador mais adequado ao uso por este GHE é o respirador facial completo com filtro combinado A2B2 ou A2B2E2K1, devido ao fato de além da presença de hidrocarbonetos o GHE em estudo também estar exposto a vapores irritantes aos olhos e gases inorgânicos.

A análise estatística dos dados levantados nas amostragens feitas com o GHE em questão demonstrou que o nível de exposição aos contaminantes a que o GHE está submetido está abaixo das especificações legais para atuação por parte da empresa para obrigatoriedade do uso de respiradores por este GHE. Porém, a análise estatística dos dados pelo método UCL com a finalidade de evidenciar o início de uma ação preventiva por parte desta indústria para diminuir ainda mais a possibilidade de exposição dos seus trabalhadores aos contaminantes relacionados neste trabalho, apontou para a necessidade de especificação de um respirador para as atividades onde possa ocorrer exposição a estes contaminantes de forma a fornecer o maior nível de proteção possível a este GHE durante a execução de suas atividades.

REFERÊNCIAS

- 1 SMITH, Pati. SMITH, Fred. People have the power. In: PATI SMITH. **Dream of life**. p. 1988. 1disco sonoro (51 min), estéreo. Lado A, faixa 1 (5 min 9 s).
- 2 TORLONI, Maurício. **Programa de proteção respiratória: recomendações, seleção e uso de respiradores** – São Paulo: FUNDACENTRO, 2002.
- 3 BILGER, Keith. **Knowing what you need, using what you have** - Dallas: OH&S Occupational Health and Safety, mai. 2013. Disponível em: <<http://ohsonline.com/Articles/2013/05/01/Knowing-What-You-Need.aspx>> . Acesso em: 15 jan. 2014.
- 4 OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH ADMINISTRATION, U.S. Department of Labor **Small entity compliance guide for the respiratory protection standard**. Washington: OSHA, 2011. Disponível em: <<https://www.osha.gov/Publications/3384small-entity-for-respiratory-protection-standard-rev.pdf>>. Acesso em: 21 jan. 2014.
- 5 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12543: Equipamentos de proteção respiratória – Terminologia**. Rio de Janeiro: ABNT, 1999.
- 6 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13696: Equipamento de proteção respiratória – Filtros químicos e combinados**. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.
- 7 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13694: Equipamentos de proteção respiratória - Peças semifacial e um quarto facial**. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.
- 8 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13695: Equipamentos de proteção respiratória – Peça facial inteira**. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.
- 9 BRASIL. NR 6: **Equipamento de Proteção individual – EPI**. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2011.
- 10 BRASIL. **Instrução Normativa SSST/MTB N.º 1, de 11 de abril de 1994**. DOU de 15/04/1994. Brasília, 1994.

11 LEIDEL, N. BUSCH, K. LYNCH, J. **Occupational exposure sampling strategy manual**. Cincinnati: NIOSH, 1977. Disponível em: <<http://www.cdc.gov/niosh/docs/77-173/pdfs/77-173.pdf>>. Acesso em: 12 mar. 2014.

12 BRASIL. NR 9: **Programa de prevenção de riscos ambientais**. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 1994.

13 BRASIL. NR 15: **Atividades e operações insalubres**. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2011.

14 OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH ADMINISTRATION. **Regulation standards – 29 CFR**. PART 1910 Occupational Safety and Health Standards. Washington: OSHA, 2014. Disponível em: <https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owasrch.search_form?p_doc_type=STANDARDS&p_toc_level=1&p_keyvalue=1910>. Acesso em: 01 fev. 2014.

15 TORLONI, Maurício; VIEIRA, Antonio Vladimir, **Manual de proteção respiratória – ABHO** (Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais) – São Paulo, 2003.

16 OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH ADMINISTRATION. **Chemical Sampling Information**. Disponível em: <https://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/toc/toc_chemsamp.html>. Acesso em: 15 fev. 2014.

17 INDÚSTRIA PETROQUÍMICA. Indústria estudo de caso desta monografia. 2014

18 ENVIRON. **SGS Environ – FAQ's e boletins informativos**. Disponível em: <<http://www.environ.com.br/faq.php>>. Acesso em: 18 mar. 2014.

19 3M. **Catálogo - Proteção Respiratória 3M**. Disponível em: <http://multimedia.3m.com/mws/mediawebserver?mwsld=SSSSSufSevTsZxtUoYtZoY_SevUqevTSevTSevTSeSSSSSS--&fn=Respiratory%20Protection.pdf>. Acesso em: 17 fev. 2014.

20 DRAGER. **Dräger X-plore 6300**. Disponível em: <http://www.draeger.com/sites/pt-bras_br/Pages/Chemical-Industry/Draeger-X-plore-6300.aspx?navID=948>. Acesso em: 17 fev. 2014.

21 DRAGER GUIDE. **Guide for selection and use of filtering devices**. Disponível em: <http://www.draeger.com/sites/assets/PublishingImages/Products/com_x-plore_6300/BR/guide_for_selection_and_use_of_filtering_devices_9045782_en.pdf>. Acesso em: 17 fev. 2014.

22 BOLLINGER, Nancy. **NIOSH Respirator selection logic**. Cincinnati: NIOSH, 2004. Disponível em: <<http://www.cdc.gov/niosh/docs/2005-100/pdfs/05-100.pdf>>. Acesso em: 15 fev. 2014.

ANEXOS

ANEXO A - Anexo N^o 11 NR 15. Agentes químicos cuja insalubridade é caracterizada por limite de tolerância e inspeção no local de trabalho.

ANEXO B - Instrução Normativa SSST/MTB N.º 1, de 11 de abril de 1994. Estabelece o Regulamento Técnico sobre o uso de equipamentos para proteção respiratória.

ANEXO C - BOLLINGER, Nancy. NIOSH Respirator selection logic. Cincinnati: NIOSH, 2004, p. 5-10.

ANEXO A

NR 15 - ATIVIDADES E OPERAÇÕES INSALUBRES

ANEXO N.º 11

AGENTES QUÍMICOS CUJA INSALUBRIDADE É CARACTERIZADA POR LIMITE DE TOLERÂNCIA E INSPEÇÃO NO LOCAL DE TRABALHO

1. Nas atividades ou operações nas quais os trabalhadores ficam expostos a agentes químicos, a caracterização de insalubridade ocorrerá quando forem ultrapassados os limites de tolerância constantes do Quadro n.º 1 deste Anexo.
2. Todos os valores fixados no Quadro n.º 1 - Tabela de Limites de Tolerância são válidos para absorção apenas por via respiratória.
3. Todos os valores fixados no Quadro n.º 1 como "Asfixiantes Simples" determinam que nos ambientes de trabalho, em presença destas substâncias, a concentração mínima de oxigênio deverá ser 18 (dezoito) por cento em volume. As situações nas quais a concentração de oxigênio estiver abaixo deste valor serão consideradas de risco grave e iminente.
4. Na coluna "VALOR TETO" estão assinalados os agentes químicos cujos limites de tolerância não podem ser ultrapassados em momento algum da jornada de trabalho.
5. Na coluna "ABSORÇÃO TAMBÉM PELA PELE" estão assinalados os agentes químicos que podem ser absorvidos, por via cutânea, e portanto exigindo na sua manipulação o uso da luvas adequadas, além do EPI necessário à proteção de outras partes do corpo.
6. A avaliação das concentrações dos agentes químicos através de métodos de amostragem instantânea, de leitura direta ou não, deverá ser feita pelo menos em 10 (dez) amostragens, para cada ponto - ao nível respiratório do trabalhador. Entre cada uma das amostragens deverá haver um intervalo de, no mínimo, 20 (vinte) minutos.
7. Cada uma das concentrações obtidas nas referidas amostragens não deverá ultrapassar os valores obtidos na equação que segue, sob pena de ser considerada situação de risco grave e iminente.

Valor máximo = L.T. x F. D.

Onde:

L.T. = limite de tolerância para o agente químico, segundo o Quadro n.º 1.

F.D. = fator de desvio, segundo definido no Quadro n.º 2.

QUADRO N.º 2			
L.T.			F.D.
(pp,	ou	mg/m ³)	
0	a	1	3
1	a	10	2
10	a	100	1,5
100	a	1000	1,25
acima	de	1000	1,1

8. O limite de tolerância será considerado excedido quando a média aritmética das concentrações ultrapassar os valores fixados no Quadro n.º 1.
9. Para os agentes químicos que tenham "VALOR TETO" assinalado no Quadro n.º 1 (Tabela de Limites de Tolerância) considerar-se-á excedido o limite de tolerância, quando qualquer uma das concentrações obtidas nas amostragens ultrapassar os valores fixados no mesmo quadro.
10. Os limites de tolerância fixados no Quadro n.º 1 são válidos para jornadas de trabalho de até 48 (quarenta e oito) horas por semana, inclusive.
- 10.1 Para jornadas de trabalho que excedam as 48 (quarenta e oito) horas semanais dever-se-á cumprir o disposto no art. 60 da CLT.

QUADRO N.º 1

TABELA DE LIMITES DE TOLERÂNCIA

AGENTES QUÍMICOS	Valor teto	Absorção também p/pele	Até 48 horas/semana		Grau de insalubridade a ser considerado no caso de sua caracterização
			ppm*	mg/m3**	
Acetaldeído			78	140	máximo
Acetato de cellosolve		+	78	420	médio
Acetato de éter monoetilico de etileno glicol (vide acetato de cellosolve)			-	-	-
Acetato de etila			310	1090	mínimo
Acetato de 2-etóxi etila (vide acetato de cellosolve)			-	-	-
Acetileno			Axfixiante	simples	-
Acetona			780	1870	mínimo
Acetonitrila			30	55	máximo
Ácido acético			8	20	médio
Ácido cianídrico		+	8	9	máximo
Ácido clorídrico	+		4	5,5	máximo
Ácido crômico (névoa)			-	0,04	máximo
Ácido etanóico (vide ácido acético)			-	-	-
Ácido fluorídrico			2,5	1,5	máximo
Ácido fórmico			4	7	médio
Ácido metanóico (vide ácido fórmico)			-	-	-
Acrilato de metila		+	8	27	máximo
Acrilonitrila		+	16	35	máximo
Álcool isoamílico			78	280	mínimo
Álcool n-butílico	+	+	40	115	máximo
Álcool isobutílico			40	115	médio
Álcool sec-butílico (2-butanol)			115	350	médio
Álcool terc-butílico			78	235	médio
Álcool etílico			780	1480	mínimo
Álcool furfúrico		+	4	15,5	médio
Álcool metil amílico (vide metil isobutil carbinol)			-	-	-
Álcool metílico		+	156	200	máximo
Álcool n-propílico		+	156	390	médio
Álcool isopropílico		+	310	765	médio
Aldeído acético (vide acetaldeído)			-	-	-
Aldeído fórmico (vide formaldeído)			-	-	-
Amônia			20	14	médio
Anidro sulfuroso (vide dióxido de enxofre)			-	-	-
Anilina		+	4	15	máximo
Argônio			Asfixiante	simples	-
Arsina (arsenamina)			0,04	0,16	máximo
Benzene	<i>(Excluído pela Portaria n.º 03, de 10 de março de 1994)</i>				
Brometo de etila			156	695	máximo
Brometo de metila		+	12	47	máximo
Bromo			0,08	0,6	máximo
Bromoetano (vide brometo de etila)			-	-	-
Bromofórmio		+	0,4	4	médio
Bromometano (vide brometo de metila)			-	-	-
1,3 Butadieno			780	1720	médio
n-Butano			470	1090	médio
n-Butano (vide álcool n-butílico)			-	-	-
sec-Butanol (vide álcool sec-butílico)			-	-	-
Butanona (vide metil etil cetona)			-	-	-
1-Butanotiol (vide butil mercaptana)			-	-	-
n-Butilamina	+	+	4	12	máximo
Butil cellosolve		+	39	190	médio
n-Butil mercaptana			0,4	1,2	médio

2-Butóxi etanol (vide butil cellosolve)			-	-	-
Cellosolve (vide 2-etóxi etanol)			-	-	-
Chumbo			-	0,1	máximo
Cianeto de metila (vide acetoneitrila)			-	-	-
Cianeto de vinila (vide acriloneitrila)			-	-	-
Cianogênio			8	16	máximo
Ciclohexano			235	820	médio
Ciclohexanol			40	160	máximo
Ciclohexilamina		+	8	32	máximo
Cloreto de carbonila (vide fosgênio)			-	-	-
Cloreto de etila			780	2030	médio
Cloreto de fenila (vide cloro benzeno)			-	-	-
Cloreto de metila			78	165	máximo
Cloreto de metileno			156	560	máximo
Cloreto de vinila		+	156	398	máximo
Cloreto de vinilideno			8	31	máximo
Cloro			0,8	2,3	máximo
Clorobenzeno			59	275	médio
Clorobromometano			156	820	máximo
Cloroetano (vide cloreto de etila)			-	-	-
Cloroetilico (vide cloreto de vinila)			-	-	-
Clorodifluometano (freon 22)			780	2730	mínimo
Clorofórmio			20	94	máximo
1-Cloro 1-nitropropano			16	78	máximo
Cloroprene		+	20	70	máximo
Cumeno		+	39	190	máximo
Decaborano		+	0,04	0,25	máximo
Demeton		+	0,008	0,08	máximo
Diamina (vide hidrazina)			-	-	-
Diborano			0,08	0,08	máximo
1,2-Dibromoetano		+	16	110	médio
o-Diclorobenzeno			39	235	máximo
Diclorodifluometano (freon 12)		+	780	3860	mínimo
1,1 Dicloroetano			156	640	médio
1,2 Dicloroetano			39	156	máximo
1,1 Dicloroetileno (vide cloreto de vinilideno)			-	-	-
1,2 Dicloroetileno			155	615	médio
Diclorometano (vide cloreto de metilino)			-	-	-
1,1 Dicloro-1-nitroetano		+	8	47	máximo
1,2 Dicloropropano			59	275	máximo
Diclorotetrafluoreto (freon 114)			780	5460	mínimo
Dietil amina			20	59	médio
Dietil éter (vide éter etílico)			-	-	-
2,4 Diisocianato de tolueno (TDI)		+	0,016	0,11	máximo
Diisopropilamina		+	4	16	máximo
Dimetilacetamida		+	8	28	máximo
Dimetilamina			8	14	médio
Dimetilformamida			8	24	médio
1,1 Dimetil hidrazina		+	0,4	0,8	máximo
Dióxido de carbono			3900	7020	mínimo
Dióxido de cloro			0,08	0,25	máximo
Dióxido de enxofre			4	10	máximo
Dióxido de nitrogênio		+	4	7	máximo
Dissulfeto de carbono		+	16	47	máximo
Estibina			0,08	0,4	máximo
Estireno			78	328	médio
Etanol (vide acetaldeído)			-	-	-
Etano			Asfixiante	simples	-
Etanol (vide etílico)			-	-	-

Etanotiol (vide etil mercaptana)					
Éter de cloroetilico		+	4	24	máximo
Éter etílico			310	940	médio
Éter monobutílico do etileno glicol (vide butil cellosolve)			-	-	-
Éter monoetilico do etileno glicol (vide cellosolve)			-	-	-
Éter monometílico do etileno glicol (vide metil cellosolve)			-	-	-
Etilamina			8	14	máximo
Etilbenzeno			78	340	médio
Etileno			Asfixiante	simples	-
Etilenoimina		+	0,4	0,8	máximo
Etil mercaptana			0,4	0,8	médio
n-Etil morfolina		+	16	74	médio
2-Etoxietanol		+	78	290	médio
Fenol		+	4	15	máximo
Fluortriclorometano (freon 11)			780	4370	médio
Formaldeído (formol)		+	1,6	2,3	máximo
Fosfina (fosfamina)			0,23	0,3	máximo
Fosgênio			0,08	0,3	máximo
Freon 11 (vide flortriclorometano)			-	-	-
Freon 12 (vide diclorodiflormetano)			-	-	-
Freon 22 (vide clorodifluormetano)			-	-	-
Freon 113 (vide 1,1,2,1,1,2-tricloro-1,2,2-trifluoretano)			-	-	-
Freon 114 (vide dechlorotetrafloretano)			-	-	-
Gás amoníaco (vide amônia)			-	-	-
Gás carbônico (vide dióxido de carbono)			-	-	-
Gás cianídrico (vide ácido cianídrico)			-	-	-
Gás clorídrico (vide ácido clorídrico)			-	-	-
Gás sulfídrico			8	12	máximo
Hélio			Asfixiante	simples	-
Hidrazina		+	0,08	0,08	máximo
Hidreto de antimônio (vide estibina)			-	-	-
Hidrogênio			Asfixiante	simples	-
Isobutanol (vide álcool isobutílico)			-	-	-
Isopropilamina			4	9,5	médio
Isopropil benzeno (vide cumeno)			-	-	-
Mercurio (todas as formas exceto orgânicas)			-	0,04	máximo
Metacrilato de metila			78	320	mínimo
Metano			Asfixiante	simples	-
Metanol (vide álcool metílico)			-	-	-
Metilamina			8	9,5	máximo
Metil cellosolve		+	20	60	máximo
Metil ciclohexanol			39	180	médio
Metilclorofórmio			275	1480	médio
Metil demeton		+	-	0,4	máximo
metil etil cetona			155	460	médio
Metil isobutilcarbinol		+	20	78	máximo
Metil mercaptana (metanotiol)			0,04	0,8	médio
2-Metoxi etanol (vide metil cellosolve)			-	-	-
Monometil hidrazina		+	0,16	0,27	máximo
Monóxido de carbono			39	43	máximo
Negro de fumo ⁽¹⁾			-	3,5	máximo
Neônio			Asfixiante	simples	-
Níquel carbonila (níquel tetracarbonila)			0,04	0,28	máximo
Nitrato de n-propila			20	85	máximo
Nitroetano			78	245	médio
Nitrometano			78	195	máximo

1 - Nitropropano			20	70	médio
2 - Nitropropano			20	70	médio
Óxido de etileno			39	70	maximo

(1) *(Incluído pela Portaria DNSST n.º 09, de 09 de outubro de 1992)*

Óxido nítrico (NO)			20	23	máximo
Óxido nitroso (N ₂ O)			Asfixiante	simples	-
Ozona			0,08	0,16	máximo
Pentaborano			0,004	0,008	máximo
n-Pentano		+	470	1400	mínimo
Percloroetileno			78	525	médio
Piridina			4	12	médio
n-propano			Asfixiante	simples	-
n-Propanol (vide álcool n-propílico)			-	-	-
iso-Propanol (vide álcool isopropílico)			-	-	-
Propanona (vide acetona)			-	-	-
Propileno			Asfixiante	simples	-
Propileno imina		+	1,6	4	máximo
Sulfato de dimetila	+	+	0,08	0,4	máximo
Sulfeto de hidrogênio (vide gás sulfídrico)			-	-	-
Systox (vide demeton)			-	-	-
1,1,2,2-Tetrabromoetano			0,8	11	médio
Tetracloroto de carbono		+	8	50	máximo
Tetracloroetano		+	4	27	máximo
Tetracloroetileno (vide percloroetileno)			-	-	-
Tetrahidrofurano			156	460	máximo
Tolueno (toluol)		+	78	290	médio
Tolueno-2,4-diisocianato (TDI) (vide 2,4 diisocianato de tolueno)			-	-	-
Tribromometano (vide bromofórmio)			-	-	-
Tricloreto de vinila (vide 1,1,2 tricloroetano)			-	-	-
1,1,1 Tricloroetano (vide metil clorofórmio)			-	-	-
1,1,2 Tricloroetano		+	8	35	médio
Tricloroetileno			78	420	máximo
Triclorometano (vide clorofórmio)			-	-	-
1,2,3 Tricloropropano			40	235	máximo
1,1,2 Tricloro-1,2,2 trifluoretano (freon 113)			780	5930	médio
Trietilamina			20	78	máximo
Trifluoromonobromometano			780	4760	médio
Vinibenzeno (vide estireno)			-	-	-
Xileno (xilol)			78	340	médio

* ppm - partes de vapor ou gás por milhão de partes de ar contaminado.

** mg/m³ - miligramas por metro cúbico de ar.

ANEXO B
INSTRUÇÃO NORMATIVA SSST/MTB Nº 1, DE 11 DE ABRIL DE 1994
(DOU de 15/04/1994)

Estabelece o Regulamento Técnico sobre o uso de equipamentos para proteção respiratória.

A Secretaria de Segurança e Saúde no Trabalho, no uso de suas atribuições e,

CONSIDERANDO a necessidade de um controle eficaz dos ambientes de trabalho por parte das empresas, como condição a uma adequada política de segurança e saúde para os trabalhadores;

CONSIDERANDO que, quando as medidas de proteção coletiva adotadas no ambiente de trabalho não forem suficientes para controlar os riscos existentes, ou estiverem sendo implantadas, ou ainda em caráter emergencial, o empregador deverá adotar, dentre outras, aquelas referentes à proteção individual que garantam condições adequadas de trabalho.

CONSIDERANDO as dúvidas suscitadas em relação à adequada proteção dada aos trabalhadores quando da adoção de equipamentos de proteção respiratória por parte das empresas;

CONSIDERANDO a necessidade de disciplinar a utilização desses equipamentos, dentro de critérios e procedimentos adequados, quando adotados pelas empresas;

CONSIDERANDO os artigos 166 e 167 da Consolidação das Leis do Trabalho - CLT;

CONSIDERANDO a Norma Regulamentadora n.º 06 da Portaria n.º 3.214, de 08/06/78, e alterações posteriores, resolve:

Baixar a presente Instrução Normativa - IN, estabelecendo Regulamento Técnico sobre o uso de equipamentos para proteção respiratória.

Art. 1º - O empregador deverá adotar um conjunto de medidas com a finalidade de adequar a utilização dos equipamentos de proteção respiratória-EPR, quando necessário para complementar as medidas de proteção coletiva implementadas, ou enquanto as mesmas estiverem sendo implantadas, com a finalidade de garantir uma completa proteção ao trabalhador contra os riscos existentes nos ambientes de trabalho.

§ 1º - As medidas previstas neste artigo deverão observar os seguintes princípios:

I - o estabelecimento de procedimentos escritos abordando, no mínimo:

- a) os critérios para a seleção dos equipamentos;
- b) o uso adequado dos mesmos levando em conta o tipo de atividade e as características individuais do trabalhador;
- c) a orientação ao trabalhador para deixar a área de risco por motivos relacionados ao equipamento;

II - a indicação do equipamento de acordo com os riscos aos quais o trabalhador está exposto;

III - a instrução e o treinamento do usuário sobre o uso e as limitações do EPR;

IV - o uso individual dos equipamentos, salvo em situações específicas, de acordo com a finalidade dos mesmos;

V - a guarda, a conservação e a higienização adequada;

VI - o monitoramento apropriado e periódico das áreas de trabalho e dos riscos ambientais a que estão expostos os trabalhadores;

VII - o fornecimento somente a pessoas fisicamente capacitadas a realizar suas tarefas utilizando os equipamentos;

VIII - o uso somente de respiradores aprovados e indicados para as condições em que os mesmos forem utilizados;

IX - a adoção da proteção respiratória individual após a avaliação prévia dos seguintes parâmetros:

- a) características físicas do ambiente de trabalho;
- b) necessidade de utilização de outros EPI;
- c) demandas físicas específicas das atividades de que o usuário está encarregado;
- d) tempo de uso em relação à jornada de trabalho;
- e) características específicas de trabalho tendo em vista possibilidade da existência de atmosferas imediatamente perigosas à vida ou à saúde;

X - a realização de exame médico no candidato ao uso do EPR, quando por recomendação médica, levando em conta, dentre outras, as disposições do inciso anterior, sem prejuízo dos exames previstos na NR 07;

§ 2º - Para a adequada observância dos princípios previstos neste artigo, o empregador deverá seguir, além do disposto nas Normas Regulamentadoras de Segurança e Saúde no Trabalho, no que couber, as recomendações da Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho - FUNDACENTRO contidas na publicação intitulada "PROGRAMA DE PROTEÇÃO RESPIRATÓRIA - RECOMENDAÇÕES, SELEÇÃO E USO DE RESPIRADORES" e também as Normas Brasileiras, quando houver, expedidas no âmbito do Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - CONMETRO.

Art. 2º - A seleção dos EPR deverá observar, dentre outros, os valores dos fatores de proteção - FP atribuídos contidos no Quadro I anexo à presente I.N.

Parágrafo único - Em atmosferas contendo sílica e asbestos, além dos requisitos estabelecidos neste artigo, o empregador deverá observar, na seleção do respirador adequado, as indicações dos Quadros II e III anexo à presente I.N.

Art. 3º - Os EPR somente poderão ser comercializados acompanhados de instruções impressas contendo, no mínimo, as seguintes informações:

I - a finalidade a que se destina;

II - a proteção oferecida ao usuário;

III - as restrições ao seu uso;

IV - a sua vida útil;

V - orientações sobre guarda, conservação e higienização.

Parágrafo único - As instruções referidas neste artigo deverão acompanhar a menor unidade comercializada de equipamentos.

Art. 4º - Esta I.N. entra em vigor 120 dias após a data de sua publicação, ficando revogada a I.N. SSST/MTb n.º 01, de 13 de julho de 1993.

RAQUEL MARIA RIGOTTO

ANEXO

QUADRO I FATORES DE PROTEÇÃO ATRIBUÍDOS PARA EPR

TIPO DE RESPIRADOR	TIPO DE COBERTURA DAS VIAS RESPIRATÓRIAS			
	PEÇA SEMIFACIAL (1)	PEÇA FACIAL INTEIRA		
PURIFICADOR DE AR	10	100		
DE ADUÇÃO DE AR: - MÁSCARA AUTÔNOMA (2)	10	100		
- LINHA DE AR COMPRIMIDO	10	100		
TIPO DE RESPIRADOR	TIPO DE COBERTURA DAS VIAS RESPIRATÓRIAS			
	PEÇA SEMIFACIAL	PEÇA FACIAL INTEIRA	CAPUZ CAPACETE	SEM VEDAÇÃO FACIAL
PURIFICADOR DE AR MOTORIZADO	50	1000 (3)	1000	25
DE ADUÇÃO DE AR: LINHA DE AR COMPRIDO - DE DEMANDA COM PRESSÃO POSITIVA	50	1000	-	-
- FLUXO CONTÍNUO	50	1000	1000	25
MÁSCARA AUTONOMA (CIRCUITO ABERTO OU FECHADO) - DE DEMANDA COM PRESSÃO POSITIVA	-	(4)	-	-

NOTAS

1 - Inclui a peça quarto facial, a peça semi-facial filtrante e as peças semi-faciais de elastômeros.

2 - A máscara autônoma de demanda não deve ser usada para situações de emergência como incêndios.

3 - Os fatores de proteção apresentados são de respiradores com filtros P3 ou sorbentes (cartuchos, químicos pequenos ou grandes). Com

filtros classe P2, deve-se usar Fator de Proteção atribuindo 100 devido às limitações do filtro.

4 - Em situações de emergência, onde as concentrações dos contaminantes possam ser estimadas, deve-se usar um fator de proteção atribuído não maior que 10.000.

5 - O fator de proteção atribuído, não é aplicável para respiradores de fuga.

QUADRO II RECOMENDAÇÕES DE EPI PARA SÍLICA CRISTALINA

CONCENTRAÇÃO AMBIENTAL	EQUIPAMENTO
Até 10 vezes o limite de tolerância	Respirador com peça semifacial ou peça semifacial filtrante Filtros P1, P2 ou P#, de acordo com o diâmetro aerodinâmico das partículas
Até 50 vezes o limite de tolerância	Respirador com peça facial inteira com filtro P2 ou P3 ¹ Respirador motorizado com peça semifacial e filtro P2 Linha de ar fluxo contínuo e peça semifacial Linha de ar de demanda e peça semifacial com pressão positiva
Até 100 vezes o limite de tolerância	Respirador com peça facial inteira com filtro P2 ou P3 ¹ Linha de ar de demanda com peça facial inteira Máscara autônoma de demanda
Até 1000 vezes o limite de tolerância	Respirador motorizado com peça facial inteira e filtro P3 Capuz ou capacete motorizado e filtro P3 Linha de ar de fluxo contínuo e peça facial inteira Linha de ar de demanda e peça facial inteira com pressão positiva Máscara autônoma de pressão positiva
Maior que 1000 vezes o limite de	Linha de ar de demanda e peça facial inteira com pressão positiva e cilindro de fuga Máscara autônoma de pressão positiva

tolerância	
------------	--

NOTAS

1 – Para diâmetro aerodinâmico médio mássico maior ou igual a 2 micra pode-se usar filtros classe P!, P2 ou P3. Para diâmetro menos que 2 micra deve-se usar o de classe P3.

QUADRO III
RECOMENDAÇÕES DE EPI PARA ASBESTOS

Até 2 fibras/cm ³	Respirador com peça semifacial com filtro P2 ou peça semifacial filtrante
Até 10 fibras/cm ³	Respirador com peça semifacial com filtro P3 Respirador motorizado com peça semifacial e filtros P2 Linha de ar de demanda e peça semifacial com pressão positiva
Até 100 fibras/cm ³	Respirador com peça facial inteira com filtro P3 Linha de ar de demanda com fluxo contínuo com peça facial inteira Linha de ar de demanda Máscara autônoma de demanda
Até 200 fibras/cm ³	Respirador motorizado com peça facial inteira e filtro P3 Linha de ar de fluxo contínuo e peça facial inteira Linha de ar de demanda e peça facial inteira com pressão positiva Capuz ou capacete motorizado e filtro P3 Linha de ar fluxo contínuo com capuz ou capacete
Maior que 200 fibras/cm ³	Linha de ar fluxo contínuo com peça facial inteira e cilindro de escape Linha de ar de demanda com peça facial inteira, pressão positiva e cilindro de escape Máscara autônoma de demanda com pressão positiva

ANEXO C

III. Respirator Selection Logic Sequence

After all criteria have been identified and evaluated and after the requirements and restrictions of the respiratory protection program have been met, the following sequence of questions can be used to identify the class of respirators that should provide adequate respiratory protection. Note that if OSHA has promulgated a substance – specific standard for a contaminant found in your workplace, respirator selection must meet or exceed the respirators required in that standard. (OSHA General Industry Air Contaminants Standard, 29 CFR 1910.1000).

Step 1. Is the respirator intended for use during fire fighting?

- a. If yes, only a full-facepiece, pressure-demand, self-contained breathing apparatus (SCBA) meeting the requirement of the NFPA 1981, Standard on Open-circuit Self-contained Breathing Apparatus for Fire and Emergency Services (2002 edition) is required. Information on NFPA 1981 can be found at <http://www.nfpa.org>.
- b. If no, proceed to Step 2.

Step 2. Is the respirator intended for use in an oxygen-deficient atmosphere, i.e., less than 19.5% oxygen?

- a. If yes, any type of SCBA other than escape only, or supplied-air respirator (SAR) with an auxiliary SCBA is required. Auxiliary SCBA must be of sufficient duration to permit escape to safety if the air supply is interrupted.
If yes, and contaminants are also present, proceed to Step 3 to determine if the hazard requires the SCBA or SAR/SCBA to meet a specific APF level.
- b. If no, proceed to Step 3.

Step 3. Is the respirator intended for entry into unknown or IDLH atmospheres (e.g., an emergency situation)?

- a. If yes, one of two types of respirators are required: a pressure-demand SCBA with a full facepiece or a pressure-demand SAR with a full facepiece in combination with an auxiliary pressure-demand SCBA. Auxiliary SCBA must be of sufficient duration to permit escape to safety if the air supply is interrupted.
- b. If no, proceed to Step 4.

Step 4. Is the exposure concentration of the contaminants, as determined by acceptable industrial hygiene methods, less than the NIOSH REL or other applicable exposure limit?

a. If yes, a respirator is not required for routine work. For escape respirators, determine the potential for generation of a hazardous condition caused by an accident, spill or equipment failure. See Section IV, Page 17, for a discussion and selection of escape respirators. Proceed to Step 6.*

b. If no, proceed to Step 5.

* If respirators are required by the employer to be worn (even if below the occupational exposure limit), OSHA requires that the employer establish and implement a written respiratory protection program with worksite specific procedures. If an employer provides respirators at the request of employees or permits employees to use their own respirators when exposure levels are below the applicable limits, this is considered voluntary respirator use. OSHA requires that employers provide to their employees the information contained in Appendix D of 29 CFR 1910.134, that they establish and implement those elements of a written program necessary to ensure that any employee using a respirator voluntarily is medically able to wear the respirator (except that medical evaluation is not required for voluntary use of filtering facepieces) and that the respirator is cleaned, stored, and maintained so that it does not represent a health hazard to the wearer.

Step 5. Are conditions such that a worker who is required to wear a respirator can escape from the work area and not suffer loss of life or immediate or delayed irreversible health effects if the respirator fails, i.e., are the conditions not immediately dangerous to life or health (IDLH)? IDLH values for certain compounds can be found in the NIOSH Pocket Guide for Chemical Hazards. This document can be accessed at <http://www.cdc.gov/niosh/npg/npg.html>. IDLH values for some substances can also be found on the NIOSH internet at <http://www.cdc.gov/niosh/idlh/idlh-1.html>.

a. If yes, conditions are not considered to be IDLH. Proceed to Step 6.

b. If no, conditions are considered to be IDLH. Two types of respirators are recommended: a pressure-demand, full-facepiece SCBA or a pressure-demand, full-facepiece SAR in combination with an auxiliary pressure-demand, full-facepiece SCBA. The auxiliary SCBA must be of sufficient duration to permit escape to safety if the air supply is interrupted. An auxiliary unit means that the SAR unit includes a separate air bottle to provide a reserve source of air should the airline become damaged. The auxiliary unit shares the same mask and regulator, and enables the SAR to function as an SCBA if needed.

Step 6. Is the contaminant an eye irritant, or can the contaminant cause eye damage at the workplace concentration? Information on eye irritation is included

in the International Programme on Chemical Safety, International Chemical Safety Cards which can be accessed at <http://www.cdc.gov/niosh/ipcs/nicstart.html>.

- a. If yes, a respirator equipped with a full facepiece, helmet, or hood is recommended. Proceed to Step 7.
- b. If no, a half-mask or quarter-mask respirator may still be an option, depending on the exposure concentration. Proceed to Step 7.

Step 7. Determine the maximum hazard ratio (HR) by the following:

- Divide the time-weighted average (TWA) exposure concentration for the contaminant determined in Step 4 by the NIOSH REL or other applicable exposure limit. If the exposure limit is an 8 hour limit the TWA used must be on 8 hour average. If the exposure limit is based on 10 hours, use a 10 hour TWA.
- If the contaminant has a ceiling limit, divide the maximum exposure concentration for the contaminant determined in Step 4 by the ceiling limit.
 - If the contaminant has a short term exposure limit (STEL), divide the maximum 15 min TWA exposure concentration for the contaminant determined in Step 4 by the STEL.
- For escape respirators, determine the potential for generation of a hazardous condition caused by an accident or equipment failure.
- If a potentially hazardous condition could occur or a hazard ratio greater than 1 has been calculated, proceed to Step 8.

Step 8. If the physical state of the contaminant is:

- a particulate (solid or liquid aerosol) during periods of respirator use, proceed to Step 9;
- a gas or vapor, proceed to Step 10;
- a combination of gas or vapor and particulate, proceed to Step 11.

Step 9. Particulate Respirators

- 9.1. Is the particulate respirator intended only for escape purposes?

- a. If yes, see Section IV (page 17), for a discussion and selection of escape respirators.
- b. If no, the particulate respirator is intended for use during normal work activities. Proceed to Step 9.2.

9.2. A filter series (N, R or P) that will provide protection against exposure to the particulate in question is recommended.

- a. The selection of N-, R-, and P-series filters depends on the presence or absence of oil particles, as follows:
 - If no oil particles are present in the work environment, use a filter of any series (i.e., N-, R-, or P-series).
 - If oil particles (e.g., lubricants, cutting fluids, glycerine, etc.) are present, use an R- or P-series filter. *Note:* N-series filters cannot be used if oil particles are present.
 - If oil particles are present and the filter is to be used for more than one work shift, use only a P-series filter.

Note: To help you remember the filter series, use the following guide:
 N for Not resistant to oil,
 R for Resistant to oil
 P for oil Proof

- b. Selection of filter efficiency (i.e., 95%, 99%, or 99.97%) depends on how much filter leakage can be accepted. Higher filter efficiency means lower filter leakage.

Additional information on selecting the appropriate filter certified under 42CFR84 can be found at <http://www.cdc.gov/NIOSH/userguid.html>. Proceed to Step 9.3.

9.3. Respirators that have not been eliminated from Table 1 by the previous steps and that have APFs equal to, or greater than, the maximum hazard ratio determined in Step 7 are recommended.¹ Note, however, that the maximum use concentration (MUC) is the maximum atmospheric concentration of a hazardous substance from which an employee can be expected to be protected by a class of respirator and is determined by the lesser of:

- APF X exposure limit
- The respirator manufacturer's MUC for a hazardous substance (if any)

¹ If the respirator is intended for use in an oxygen-deficient atmosphere, only SCBA or SAR with an auxiliary SCBA, can be selected from the Table.

- The IDLH, unless the respirator is a pressure-demand, full-facepiece SCBA or combination pressure-demand SAR with a full facepiece in combination with an auxiliary pressure-demand SCBA.

For multi-component mixtures the MUC can be calculated by:

$$C_1/MUC_1 + C_2/MUC_2 + \dots C_n/MUC_n = 1$$

Step 10. Gas/Vapor Respirators

10.1. Is the gas/vapor respirator intended only for escape?

- If yes, refer to escape respirators Section IV (page 17).
- If no, the gas/vapor respirator is intended for use during normal work activities. Proceed to Step 10.2.

10.2. An air-purifying chemical cartridge/canister respirator is recommended that has a sorbent suitable for the chemical properties of the anticipated gas/vapor contaminant(s) and for the anticipated exposure levels. Information on cartridges or canisters approved for use for classes of chemicals or for specific gases or vapors can be found in the NIOSH Certified Equipment List

<http://www.cdc.gov/NIOSH/npptl/topics/respirators/cel/>. Proceed to Step 10.3.

10.3. Respirators that have not been eliminated from Table 2 by the previous steps and that have APFs equal to, or greater than, the maximum hazard ratio determined in Step 7 are recommended.¹ Note, however, that the maximum use concentration (MUC) is the maximum atmospheric concentration of a hazardous substance from which an employee can be expected to be protected by a class of respirator and is determined by the lesser of:

- APF X exposure limit
- The respirator manufacturer's MUC for a hazardous substance (if any)
- The IDLH, unless the respirator is a pressure-demand, full-facepiece SCBA or combination pressure-demand SAR with a full facepiece in combination with an auxiliary pressure-demand SCBA.

For multi-component mixtures the MUC can be calculated by:

$$C_1/MUC_1 + C_2/MUC_2 + \dots C_n/MUC_n = 1$$

¹ If the respirator is intended for use in an oxygen-deficient atmosphere, only SCBA or SAR with an auxiliary SCBA, can be selected from the Table.

Step 11. Combination Particulate and Gas/Vapor Respirators

11.1. Is the combination respirator intended for "escape only" purposes?

- a. If yes, refer to escape respirators on page 17, for a discussion and selection of "escape only" respirators.
- b. If no, the combination respirator is intended for use during normal work activities. Proceed to Step 11.2.

11.2 From Table 3, select a respirator type, not eliminated by the previous steps, and have APFs equal to, or greater than, the maximum hazard ratio determined in Step 7. are recommended.¹ Note, however, that the maximum use concentration (MUC) is the maximum atmospheric concentration of a hazardous substance from which an employee can be expected to be protected by a class of respirator and is determined by the lesser of:

- APF X exposure limit
- The respirator manufacturer's MUC for a hazardous substance (if any)
- The IDLH, unless the respirator is a pressure-demand, full-facepiece SCBA or combination pressure-demand SAR with a full facepiece in combination with an auxiliary pressure-demand SCBA.

For multi-component mixtures the MUC can be calculated by:

$$C_1/MUC_1 + C_2/MUC_2 + \dots C_n/MUC_n = 1$$

¹ If the respirator is intended for use in an oxygen-deficient atmosphere, only SCBA or SAR with an auxiliary SCBA, can be selected from the Table.