

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL  
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO**

**IRIS KLOCZKO**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR NO AMBIENTE LABORAL: VAPORES  
ORGÂNICOS NAFTA E ESTIRENO – ESTUDO DE CASO**

**MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO**

**CURITIBA**

**2014**

**IRIS KLOCZKO**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR NO AMBIENTE LABORAL: VAPORES  
ORGÂNICOS NAFTA E ESTIRENO – ESTUDO DE CASO**

Monografia de Especialização apresentada ao curso de especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho da Universidade Tecnológica Federal do Paraná como requisito parcial para a obtenção do título de “Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho”.

Orientador Prof<sup>o</sup>. MSc Téc. Marcelo Queiroz  
Varisco

CURITIBA  
2014

**IRIS KLOCZKO**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR NO AMBIENTE LABORAL: VAPORES  
ORGÂNICOS NAFTA E ESTIRENO – ESTUDO DE CASO**

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

Orientador:

---

Prof. Marcelo Varisco, MSc.  
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR.

Banca:

---

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

---

Prof. Massayuki Mario Hara, M.Eng.  
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR.

---

Prof. Adalberto Matoski, Dr.  
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR.

CURITIBA

2014

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

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Francisco Kloczko e Estacha Kloczko, a quem sempre me deram apoio em meus sonhos e objetivos pelos quais me dediquei a conquistar.

## **AGRADECIMENTOS**

A minha família, que me apoiou nos momentos difíceis em especial a minha esposa Sonia Irene Ao meu amigo Marcio Rodrigues, que me auxiliou nas amostragens dos produtos químicos;

Aos meus amigos Carlos Henrique Castro, Pietro Garbelini, Anderson Martins ao meu sócio Marcio Rodrigues Viana e a galera do fundão que compartilhou dos trabalhos e debates nos estudos em grupo;

Ao professor Marcelo Queiroz Varisco, que me orientou nesta empreitada;

Ao meu amigo, Engenheiro de Segurança do Trabalho, Carlos Alberto Majchrovicz, quem me orientou indiretamente;

## RESUMO

KLOCZKO, Iris Kloczko. **Avaliação da qualidade do ar no ambiente laboral: vapores orgânicos nafta e estireno – estudo de caso.** 2013. 48 f. monografia de Conclusão de Curso – Especialista no Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, Departamento Acadêmico de Construção Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – Campus Ecoville, Curitiba, 2013.

Neste estudo de caso foi desenvolvida uma análise do ar atmosférico em uma empresa do ramo de fibra de vidro, que fabrica postes para rede elétrica. São utilizadas na confecção destes materiais várias substâncias químicas derivadas de hidrocarboneto aromático, com características voláteis, nocivas para o meio biótico e ao homem. Os agentes químicos aqui avaliados foram a nafta e o estireno, tendo como linha de ação a realização de várias coletas no decorrer da jornada de trabalho. As coletas foram realizadas por etapas e dias alternados, para que os resultados obtidos pudessem melhor representar a realidade fabril. O tipo de coleta foi de amostra pessoal e individual, na qual o equipamento é colocado na zona de respiração do indivíduo exposto aos agentes químicos. O método de amostra utilizada foi com bomba de vazão de ar atmosférico, com o suporte de amostragem de carvão ativado, utilizando uma vazão de 1L/m e a técnica de análise utilizada foi a Cromatografia em Fase Gasosa. As coletas foram realizadas no setor operacional junto à máquina de filamento, local este onde foi observada a maior concentração dos poluentes. Com os resultados obtidos através das análises fornecidas pelo laboratório e os dados estatísticos obtidos nessa monografia, foi possível verificar se as pessoas envolvidas na manipulação dos agentes químicos nafta e estireno estão expostos acima do limite de tolerância, conforme a legislação vigente, bem como, alertar a necessidade da implantação de métodos que possam neutralizar ou minimizar a contaminação do meio.

**Palavra-chave:** Qualidade do ar, ambiente laboral, nafta e estireno.

## ABSTRACT

In this case study was developed to analyze the air in a branch company of fiberglass, which manufactures poles for mains . Are used in making these materials various chemicals derived from aromatic hydrocarbon , volatile characteristics , harmful to the biota and homem.Os chemicals evaluated here were naphtha and styrene , with the line of action performing various collections during the journey trabalho.As collections were carried out in stages and alternate days , so that the results could match the type of collection realidade.O was personal and individual sample , in which the equipment is placed in the breathing zone of the exposed individual to chemical agents . The sampling method was used with a flow of atmospheric air pump with support Sampling activated carbon , using a flow rate of 1L/mea analysis technique used was the Gas Chromatography . collections were performed in the operating sector along the filament machine , the place where the highest concentration was observed poluentes.Com of the results obtained through the analyzes provided by the laboratory and statistical data developed in this study, we make sure the people involved in manipulation of the chemical naphtha and styrene are exposed above the tolerance limit , which according to current legislation and the necessary steps that can be taken to neutralize or minimize contamination of the environment.

**Keyword:** air quality, workplace, naphtha, styrene.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Modelo de parâmetro estatístico. ....	33
Tabela 2 – Modelo de parâmetro estatístico. ....	33
Tabela 3 – Dados coletados nafta (ACGIH). ....	40
Tabela 4 – Dados obtidos estireno NR15. ....	41
Tabela 5 – Dados coletados estireno NR15. ....	42
Tabela 6 – Análise quantitativa dos resultados obtidos. ....	43



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fórmula da nafta.....	18
Figura 2 - Fórmula do estireno.....	20
Figura 3 - Imagem do posto de trabalho. ....	34
Figura 4 - Imagem do posto de trabalho. ....	34
Figura 5 - Imagem da coleta da amostragem.....	35
Figura 6 - Imagem da coleta da amostragem.....	36
Figura 7 - Imagem do equipamento bomba de vazão.....	37
Figura 8 - Imagem do equipamento bomba de vazão.....	37
Figura 9 - Tubetes de carvão ativado.....	38

## LISTA DE SIGLAS

ABNT	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS
ACGIH	<i>AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HIGYENISTS</i>
C1	CONCENTRAÇÃO DO POLUENTE
CMPT	CONCENTRAÇÃO MEDIA PONDERADA DE TEMPO
Cn	CONCENTRAÇÃO DO POLUENTE NO AR OBTIDA NA AMOSTRA
DP	DESVIO PADRÃO
DPG	DESVIO PADRÃO GEOMÉTRICO
EPR	EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO RESPIRATÓRIA
ex	EXPONENCIAL
g	GRAUS DE IBERDADE
I	ÍNDICE DE JULGAMENTO
INSS	INSTITUTO NACIONAL DO SEGURO SOCIAL
LC	LIMITES DE CONCENTRAÇÃO
Ln	LOGARITMO NEPERIANO
LSC	LIMITE SUPERIOR DE CONFIANÇA
m <sup>3</sup>	METRO CÚBICO
MA	MÉDIA ARITMÉTICA
mg	MILIGRAMA
MG	MÉDIA GEOMÉTRICA
MPT	MÉDIA PONDERADA DE TEMPO
N	NUMERO DE AMOSTRAS
NR	NORMA REGULAMENTADORA
PCMSO	PROGRAMA DE CONTROLE MÉDICO E SAÚDE OCUPACIONAL
ppm	PARTES POR MILHÃO
PPR	PROGRAMA DE PROTEÇÃO RESPIRATÓRIA
t(/2)	INTERVALO DE CONFIANÇA
Tn	TEMPO DE COLETA DA AMOSTRA N, EM MINUTOS OU HORAS
Tt	TEMPO TOTAL DA COLETA
VMP	VALOR MÁXIMO PERMITIDO
Xi	RESULTADO INICIAL OBTIDO

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	13
1.1. OBJETIVOS .....	15
1.2.1 OBJETIVO GERAL.....	15
1.2.2. Objetivos Específicos.....	15
1.3. JUSTIFICATIVA .....	15
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	16
2.1. IDENTIFICAÇÃO DOS AGENTES QUÍMICOS.....	16
2.1.1. Aerodispersóides .....	16
2.1.2. Gases.....	17
2.1.3. Vapores .....	17
2.2. NAFTA.....	18
2.2.1. Propriedades Químicas.....	19
2.2.2. Efeitos Para o Ar do Meio Ambiente.....	19
2.2.3. Efeitos Para o Ser Humano e Animal .....	19
2.2.4. Disposição do Produto .....	20
2.2.5. Regulamentações Internacionais.....	20
2.3. ESTIRENO .....	21
2.3.1. Propriedades Químicas.....	21
2.3.2. Efeitos Para o Meio Ambiente .....	21
2.3.3. Efeitos Para o ser Humano e Animal. ....	22
2.3.4. Acondicionamento do Produto.....	22
2.3.5. Disposição do Produto .....	23
2.3.6. Regulamentações Internacionais.....	23
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	23
3.1. ÁREA DE ESTUDO.....	23
3.2. AMOSTRAGEM.....	25
3.2.1 Critérios de Avaliação de Exposição para Agentes Químicos.....	26
3.2.2. Coletas do Material.....	27
3.2.3. Limites de Tolerância .....	28
3.2.4. Valor Teto .....	28
3.2.5. Valor Máximo .....	29
3.3. TÉCNICA DE COLETA .....	29
3.4. TÉCNICAS DE ANALISES.....	30

3.5. CÁLCULOS ESTATÍSTICOS.....	30
3.5.1. Parâmetros Estatísticos Obtidos.....	32
<b>4. RESULTADOS .....</b>	<b>33</b>
4.1. COLETA E ANÁLISE DAS AMOSTRAS .....	34
4.1.1. Coleta.....	34
4.2. ANÁLISE DE CONTAMINANTES.....	36
4.2.1. Tipos de Análise .....	38
4.3. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	39
4.3.1. Levantamento Técnico das Atividades, Análise da Função e Avaliações Quantitativa.....	399
4.3.2. Dados Obtidos Nafta (ACGIH) .....	399
4.3.3. Dados Estireno NR 15 .....	411
4.3.4. Dados Obtidos Para Estireno (ACGIH) .....	422
4.4. ANÁLISE QUANTITATIVA DOS RESULTADOS OBTIDOS .....	433
4.4.1. Análise dos Resultados Finais.....	444
<b>5. CONCLUSÃO .....</b>	<b>466</b>
<b>REFERÊNCIA .....</b>	<b>488</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>50</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Nas empresas onde há pessoas expostas a agentes de risco químicos se faz necessário o acompanhamento da qualidade do ar, com o intuito de identificar, controlar e documentar os agentes nocivos existentes no ambiente de trabalho e apontar os casos que podem gerar algum dano para estas pessoas eventualmente expostas. Para tanto é desenvolvido um laudo técnico das condições ambientais deste local, que é um documento pericial científico de avaliação ambiental, visando o enquadramento da Instrução Normativa nº 1 de dezembro de 1995 e Lei nº 6.514, de 22 de Dezembro de 1977, que define a presença ou não de agentes nocivos em face dos limites de tolerância e de frequência permanente ou ocasional (Lei Nº 6.514, 1977).

A empresa que não mantiver o laudo atualizado com referência aos agentes nocivos existentes no ambiente de trabalho de seus trabalhadores ou que emitir documentos em desacordo com o respectivo laudo estará sujeita à penalidade prevista no art. 133 da Lei nº. 8.213, de 1991 (INSS, 2012).

Inicialmente é realizado um levantamento ou uma antecipação dos riscos, onde deverá envolver a análise de projetos de novas instalações, métodos ou processos de trabalho, ou de modificação dos já existentes, visando identificar os riscos potenciais e introduzir medidas de proteção para sua redução ou eliminação (BRASIL INSS 95).

Deverão ser adotadas as medidas necessárias suficientes para a eliminação, a minimização ou o controle dos riscos ambientais sempre que forem verificadas uma ou mais das seguintes situações:

- a) identificação, na fase de antecipação, de risco potencial à saúde;
- b) constatação, na fase de reconhecimento de risco evidente à saúde;
- c) quando os resultados das avaliações quantitativas da exposição dos trabalhadores excederem os valores dos limites previstos na NR 15 ou, na ausência destes, os valores limites de exposição ocupacional adotado pela *American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)*, ou aqueles que venham

a ser estabelecidos em negociação coletiva de trabalho, desde que mais rigorosos do que os critérios técnicos legais estabelecidos.

Para os fins da Norma Regulamentadora – NR considera-se nível de ação o valor acima do qual devem ser iniciadas ações preventivas de forma a minimizar a probabilidade de que as exposições a agentes ambientais ultrapassem os limites de exposição.

Após o levantamento, identificação e mensuração do risco químico encontrado nas dependências da empresa deverá ser implantado o Programa de Proteção Respiratória – PPR.

De acordo com a Portaria nº 1 de 11 de Abril de 1994, emitida pelo Ministério do Trabalho, cujo conteúdo estabelece um regulamento técnico sobre uso de equipamentos de proteção respiratória, todo empregador deverá adotar um conjunto de medidas com a finalidade de adequar a utilização de equipamentos de proteção respiratória - EPR, quando necessário para complementar as medidas de proteção efetivas implementadas, ou com a finalidade de garantir uma completa proteção ao trabalhador contra os riscos existentes nos ambientes de trabalho. (BRASIL 1977).

Após o levantamento, identificação e controle do risco é necessário implantar medidas para monitorar os possíveis danos que a exposição direta a este agente de risco químico pode causar a saúde dos funcionários expostos. Para isto, as empresas são obrigadas a elaborar e implementar, o Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional - PCMSO, com o objetivo de promoção e preservação da saúde do conjunto dos seus trabalhadores expostos a agentes químicos, que poderão ser monitorizados dependendo de estudo prévio dos aspectos de validade toxicológica, analítica e de interpretação desses indicadores. As ações devem incluir o monitoramento periódico da exposição, a informação aos trabalhadores e o controle médico, com redação inicial dada Lei 6.514 de 1977 e aprovada pela Portaria no 3.214, de 1978 (BRASIL 1977).

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.2.1 OBJETIVO GERAL

Identificar a qualidade do ar nos ambientes laborais da empresa fabricante de postes em fibra de vidro, analisando as condições às quais os funcionários estão expostos, ao nafta e ao estireno.

### 1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Coletar e analisar amostras do ar no ambiente laboral da empresa escolhida, quanto à presença de nafta e estireno.

Confrontar os dados obtidos com os valores exigidos pela legislação (IN, 1995).

A partir dos resultados, avaliar a necessidade de tomar medidas para minimizar ou neutralizar a concentração de nafta e estireno no ambiente avaliado.

## 1.3 JUSTIFICATIVA

Com o avanço da tecnologia surgem no mercado a cada dia novos produtos químicos que são utilizados nas indústrias, muitas vezes não há um estudo científico das consequências que esses produtos possam causar no meio ambiente e no organismo humano.

O monitoramento do ar atmosférico nas empresas propicia uma medida de controle eficaz para neutralizar as condições nocivas desses agentes químicos.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 IDENTIFICAÇÃO DOS AGENTES QUÍMICOS

Podem-se definir agentes ambientais causadores em potencial de doenças profissionais devido à sua ação química sobre o organismo dos trabalhadores. Eles podem ser encontrados tanto na forma sólida, como líquida ou gasosa, além do grande número de materiais e substâncias tradicionalmente utilizadas ou manufaturadas no meio industrial (FUNDACENTRO, 2013).

Uma variedade enorme de novos agentes químicos em potencial vem sendo encontrados, devido à quantidade sempre crescente de novos processos e compostos desenvolvidos. Esses agentes químicos podem ser classificados de diversas formas, segundo suas características tóxicas, estados físicos, os agentes químicos são encontrados em forma sólida, líquida e gasosa (CAS 2013).

Os agentes químicos, quando se encontram em suspensão ou dispersão no ar atmosférico, são chamados de contaminantes atmosféricos, e podem ser classificados em: Aerodispersóides, gases e vapores. (FUNDACENTRO, 2013)

#### 2.1.1. Aerodispersóides

Aerodispersóides são dispersões de partículas sólidas ou líquidas de tamanho bastante reduzido (abaixo de  $100\mu\text{m}$ ), que podem manter-se por longo tempo em suspensão no ar (FUNDACENTRO, 2013).

Alguns exemplos são: poeiras (partículas sólidas, produzidas mecanicamente por ruptura de partículas maiores), fumos (partículas sólidas produzidas por condensação de vapores metálicos), fumaça (sistemas de partículas combinadas com gases que se originam em combustões incompletas), névoas (partículas líquidas produzidas mecanicamente, como por em processo "spray") e neblinas partículas líquidas produzidas por condensações de vapores (FUNDACENTRO, 2013).



Pelo fato que as partículas maiores que 5µm de diâmetro são filtradas pelo nariz durante a respiração nasal em repouso, o que não acontece quando se respira pela boca.

O tempo que os aerodispersóides podem permanecer no ar depende do seu tamanho, peso específico (quanto maior o peso específico, menor o tempo de permanência) e velocidade de movimentação do ar. Evidentemente, quanto mais tempo os aerodispersóides permanecem no ar, maior é a chance de serem inalados e produzirem intoxicações no trabalhador (BRASIL 1977).

As partículas mais perigosas são as que possuem diâmetro abaixo de 10 µm, visíveis apenas ao microscópio. Estas constituem a fração respirável, pois podem ser absorvidas pelo organismo através do sistema respiratório. As partículas maiores normalmente ficam retidas nas mucosas da parte superior do aparelho respiratório, de onde são expelidas através de tosse, expectoração, ou pela ação dos cílios nasais (ACGIH, 1938).

### 2.1.2. Gases

Os gases são dispersões de moléculas no ar (o próprio ar é uma mistura de gases). Não possuem formas e volumes próprios e tendem a se expandir indefinidamente. À temperatura ordinária, mesmo sujeitos à forte pressão, não podem ser total ou parcialmente reduzidos ao estado líquido, (BRASIL 1977).

### 2.1.3. Vapores

São também dispersões de moléculas no ar, que ao contrário dos gases, podem condensar-se para formar líquidos ou sólidos em condições normais de temperatura e pressão. Outra diferença importante é que os vapores em recintos fechados podem alcançar uma concentração máxima no ar, que não é ultrapassada, chamada de saturação. Os gases, por outro lado, podem chegar a deslocar totalmente o ar de um recinto, (BRASIL 1977).

De acordo com a definição dada pela Portaria n.º 25, do Ministério do Trabalho e Emprego, que alterou a redação da NR 09, os vapores são as substâncias, compostos ou produtos que podem penetrar no organismo pelas vias respiratórias, na forma de poeiras, fumos, névoas, neblinas, ou que, pela natureza da atividade de exposição, podem ter contato ou ser absorvidos pelo organismo através da pele ou por ingestão, (BRASIL 1977).

São os riscos gerados por agentes que modificam a composição química do meio ambiente, como a utilização de tintas a base de chumbo, que introduzem no processo de trabalho um risco químico do tipo aqui enfocado, pois a simples inalação de tal substância pode vir a ocasionar doenças como o saturnismo, (BRASIL 1977).

Agentes químicos podem se apresentar nos seguintes estados: gasoso, líquido, sólido, ou na forma de partículas suspensas no ar, sejam elas sólidas (poeira e fumos) ou líquidas (neblina e névoas), e os agentes suspensos no ar (aerodispersóides), (BRASIL 1977).

As principais vias de penetração destas substâncias no organismo humano são (FUNDACENTRO, 2013):

- O aparelho respiratório;
- A pele;
- O aparelho digestivo.

## 2.2. NAFTA

A nafta é um produto líquido, utilizado principalmente como solvente, sua natureza química é uma mistura de hidrocarboneto parafínico, naftênico e aromático, constituído principalmente de 6 a 10 átomos de carbono e o seu teor de benzeno e menor que 0,1% (FISPQ - Petrobras Distribuidora Riograndense S.A, 2013).

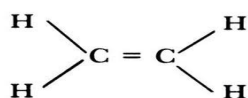


Figura 1–Fórmula da nafta

### 2.2.1. Propriedades Químicas

Seu ponto de fulgor é em torno de 35°C, solúvel em solventes orgânicos como álcool, éter, clorofórmio e acetona. Este produto é estável em condições normais, não polimeriza, porém reage com ácidos e oxidantes fortes. Sua destilação tem o ponto inicial de 58,0°C, 50% do volume em 64,3°C, 90% do volume em 68,0°C, Ponto seco em 67,6°C (FISPQ - FISPQ - PA Ara Química S.A, 2013).

### 2.2.2. Efeitos Para o Ar do Meio Ambiente

Sua evaporação torna o ambiente explosivo, e os vapores são prejudiciais ao meio ambiente. O produto e a água resultante do combate ao fogo e de diluição, pode provocar dano à fauna e à flora aquática. O produto tende a formar películas superficiais sobre a água. O produto derramado sobre o solo poderá em parte percolar e contaminar o lençol freático (FISPQ - FISPQ - PA Ara Química S.A, 2013).

Em caso de derramamento em lagoas onde a dispersão das águas ocorre de forma lenta, o produto pode prejudicar a aeração do ambiente (FISPQ - FISPQ - PA Ara Química S.A, 2013).

### 2.2.3. Efeitos Para o Ser Humano e Animal

Este material tem um grande potencial volátil, seus efeitos para o ser humano quando inalados os vapores são depressivos para o sistema nervoso central, e seus efeitos são irritação das vias respiratórias náuseas, dores de cabeça, tontura, vertigens, podendo levar até a convulsão (FISPQ - FISPQ - PA Ara Química S.A, 2013).

Em caso de ingestão suas reações são: vômitos, diarreias e dificuldade de respirar. Em caso de vômito, seu risco é a pneumonite química e edema pulmonar

conseqüente à aspiração para as vias respiratórias (FISPQ - FISPQ - PA Ara Química S.A, 2013).

#### 2.2.4. Disposição do Produto

Para descartar o produto será necessário verificar a legislação vigente, Municipal, Estadual e Federal, em hipótese alguma poderá ser descartado na rede de esgoto ou em curso d'água, confinar se possível para posterior recuperação em empresa certificada para este fim. (FISPQ - FISPQ - PA Ara Química S.A, 2013).

Este agente químico é insolúvel em água, sendo solúvel em álcool, éter, clorofórmio e acetona. Em condições normais é estável, reage com ácidos e oxidantes fortes. (FISPQ - FISPQ - PA Ara Química S.A, 2013).

#### 2.2.5. Regulamentações Internacionais

Este produto é considerado produto perigoso para o transporte terrestre, marítimo e aéreo de acordo com os respectivos regulamentos.

Regulamentação nacional: Este produto é classificado como perigoso para transporte, de acordo com a Resolução 420 da Agência Nacional de Transportes Terrestres de 12/02/2004 e suas alterações, Transporte rodoviário no Brasil (FISPQ - FISPQ - PA Ara Química S.A, 2013).

Para o embarque desta substância o nome apropriado é “destilado de petróleo, hidrocarboneto”, com seu respectivo número da ONU: (1268), com sua classe de risco/ divisão: (3), número de risco: (33) e grupo de embalagem: (II). (FISPQ - FICHA DE INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA DE PRODUTO QUÍMICO Nafta Petroquímica, 2013).

## 2.3. ESTIRENO

O estireno é um produto líquido utilizado na fabricação de poliestireno, borracha sintética, resinas poliéster, copolímeros e derivados (FISPQ).

Sua natureza química é líquido incolor, inflamável, tóxico, de odor aromático e penetrante. (BRASIL ESCOLA, 2013).

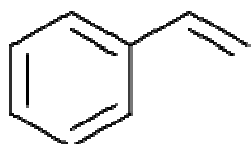


Figura 2–Fórmula do estireno.

### 2.3.1 Propriedades químicas

O estireno é estável se estiver presentes um inibidor de polimerização. O produto pode ser muito estável mesmo quando inibido, sua polimerização ocorre lentamente à temperatura ambiente e rapidamente com a elevação da temperatura em contato com certos iniciadores (FISPQ - FICHA DE INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA DE PRODUTO QUÍMICO Ara Química S.A, 2013)

Há algumas condições que devem ser evitadas tais como: calor, chama, fonte de ignição, ar, luz e materiais incompatíveis. O vapor do estireno é explosivo quando exposto ao calor ou chamas podendo reagir como oxigênio acima de 40°C (FISPQ - FICHA DE INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA DE PRODUTO QUÍMICO Ara Química S.A, 2013)

### 2.3.2 Efeitos Para o Meio Ambiente

Quando liberado no solo e na água, este material evapora rapidamente e é biodegradável (FISPQ). Quando liberado no ar, este material é degradado pela reação com radicais hidroxilas produzida fotoquimicamente e tem uma meia-vida

menor que 1 (um) dia (FISPQ - FICHA DE INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA DE PRODUTO QUÍMICO Ara Química S.A, 2013)

### 2.3.3 Efeitos Para o ser Humano e Animal.

Quando exposto excessiva e repetidamente à quantidade elevada, o ser humano pode sofrer efeitos no sistema nervoso central, fígado e rins. Já a exposição excessiva e repetida à pequena dose pode causar efeito no sistema nervoso central e irritação no trato respiratório e nos olhos (FISPQ - FICHA DE INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA DE PRODUTO QUÍMICO Ara Química S.A, 2013)

Os dados obtidos em estudos de longa duração com animais, e os estudos epidemiológicos de trabalhadores expostos ao estireno não forneceram base adequada para concluir que o material é um cancerígeno (FISPQ - FICHA DE INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA DE PRODUTO QUÍMICO Ara Química S.A, 2013)

São improváveis defeitos congênitos. Mesmo em exposições agudas que tiveram efeito adverso sobre a mãe, não devem ter algum efeito sobre o feto. Em estudos com animais também não interfere na reprodução (FISPQ - FICHA DE INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA DE PRODUTO QUÍMICO Ara Química S.A, 2013)

### 2.3.4 Acondicionamento do Produto

Para acondicionar o produto é necessário verificar a legislação vigente, Municipal, Estadual e Federal, e em hipótese alguma poderá ocorrer descartado ou vazamento na rede de esgoto ou em curso d'água. Confinar se possível para posterior recuperação em empresa certificada para este fim (FISPQ - FICHA DE INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA DE PRODUTO QUÍMICO Ara Química S.A, 2013)

Os vapores são mais pesados que o ar e podem apresentar perigo de fogo e de explosão. Podem também acumular em zonas baixas ou moverem-se ao longo do solo até uma fonte de ignição e inflamar-se no percurso até a fonte emissora

(FISPQ - FICHA DE INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA DE PRODUTO QUÍMICO Ara Química S.A, 2013)

### 2.3.5 Disposição do Produto

Para descartar o produto será necessário verificar a legislação vigente, Municipal, Estadual e Federal, em hipótese alguma poderá ser descartado na rede de esgoto ou em curso d'água, confinar se possível para posterior recuperação em empresa certificada para este fim. Este agente químico é insolúvel em água, sendo solúvel em álcool, éter, clorofórmio e acetona. Em condições normais é estável, reage com ácidos e oxidantes fortes.

### 2.3.6 Regulamentações Internacionais

Este produto é considerado produto perigoso para o transporte terrestre, marítimo e aéreo de acordo com as respectivas regulamentações nacionais (FISPQ).

Este produto é classificado como perigoso para transporte, de acordo com a Resolução 420 da Agência Nacional de Transportes Terrestres de 12/02/2004 e suas alterações, (TRANSPORTE RODOVIÁRIO NO BRASIL, 2012).

Para o embarque desta substância, o nome apropriado deverá ser. Monômero de Estireno, inibido, com o respectivo número de ONU(2055), sua classe de risco/divisão: (3.3) e o grupo de embalagem: (III) (FISPQ).

## 3. METODOLOGIA

### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

A avaliação da qualidade do ar foi realizada de maio a setembro de 2013 e está baseada no estudo dos locais de trabalho, analisando os setores e funções

desenvolvidas e avaliando os possíveis riscos aos quais os funcionários podem estar expostos (agentes químicos nafta e estireno).

O processo produtivo da empresa se dá da seguinte forma: conforme as especificações e medidas fornecidas pela ordem de serviço o operador regula a máquina, os fios de fibra de vidro são passados na máquina de filamento sendo mergulhado na resina poliéster já derretida e é envolvida em um molde, atualmente a uma máquina de filamento em funcionamento.

É produzido um poste por vez, e cada um leva em torno 20 minutos para ficar pronto no molde, após a finalização do enrolamento ele passa para a área de cura permanecendo por um período de 15 minutos a uma temperatura de 90°C, para separar o poste do molde é utilizado um equipamento que exerce uma pressão de 12 toneladas na base do poste sendo separado o molde do poste, sendo levado para o acabamento, onde serão feitos os furos, tampadas as extremidades, retiradas as rebarbas e feito a pintura.

A vida útil de um poste de fibra é em torno de 80 anos, quando um poste de concreto é em torno de 25 anos, cerca de 3 vezes maior, seu peso é em torno de 300 quilos, em média 8 vezes mais leve e que os postes convencionais, facilitando assim seu manuseio, transporte e fixação no local.

Outras vantagens do poste de fibra é a sua resistência, que é maior que o concreto e a matéria prima utilizada na sua confecção agride menos o meio ambiente sendo classificado como poste ecológico.

Caso este poste seja danificado pode ser retirado à parte danificada e fazer uma emenda sem que sua resistência seja prejudicada.

Estas análises foram desenvolvidas em uma edificação construída em alvenaria, medindo aproximadamente 1500 m<sup>2</sup>, tendo pé direito de 10 m, piso de concreto sem revestimento, ventilação natural por quatro portas de entrada com luz natural e artificial, cobertura em telhado de amianto, em anexo um setor de almoxarifado banheiros, vestiário e um refeitório.

No setor administrativo as atividades são desenvolvidas no mesmo nível da edificação, com aproximadamente 40 m<sup>2</sup>, pé direito de 3 m, ventilação natural e



artificial por janelas ao fundo, com luz natural e artificial, piso cerâmico revestido, não havendo contato direto com a produção.

A empresa esta situada em um condomínio empresarial com outras edificações ao seu entorno com um intervalo de distância aproximada de 10 metros.

### 3.2 AMOSTRAGEM

Foram seguidas algumas etapas para as avaliações tais como: definição dos métodos de coleta, duração da coleta e tempo de coleta/medição, número mínimo de resultados exigidos, escolha dos períodos para a realização das coletas/medições e a realização do diagnóstico inicial.

O tipo de coleta utilizada neste trabalho é chamado “coleta de amostra pessoal ou individual”, visando à determinação da concentração dos agentes químicos na zona de respiração do trabalhador, fornecendo assim, resultados representativos da sua exposição (LATAM, 2013).

Este tipo de coleta é caracterizado pelo sistema de coleta fixado no próprio trabalhador, na altura da zona de respiração, geralmente na lapela.

O amostrador deve ser colocado na região representativa da via de absorção – dentro de uma esfera imaginária com 30 cm de raio, com centro no nariz e/ou boca da pessoa, para agentes absorvidos pelas vias respiratório/digestiva, junto à pele, nos pontos esperados de contato, para agentes absorvidos por esta via (MINISTÉRIO DO TRABALHO, 1995).

O tempo de coleta considerado foi a jornada de trabalho do funcionário, com um total de 2640 minutos, sendo total de 15 coletas para o agente químico nafta, e 20 coletas para o estireno.

Para o processo de amostragem, foi utilizada uma bomba de vazão, marca SKC, modelo 224-44XR, com calibração da vazão de 1L/m e tubetes com carvão ativado.

Para o agente químico nafta, foram utilizados 15 tubetes, com o tempo de saturação variou em torno de 180 a 230 minutos por amostra. Para o agente químico estireno, foram utilizados 20 tubetes de carvão ativado, com o seu tempo de saturação variando de 115 a 140 minutos por amostra.

Cada amostra deve ser identificada antes ou logo após a amostragem com um código, preferencialmente alfanumérico, de forma que possa ser rastreada no laboratório e nos cálculos finais de concentração, após análise.

Os resultados foram obtidos de duas formas distintas: (1) através da aplicação de pressão à entrada da bomba simulando a perda manométrica gerada por um acessório de coleta, observando-se a estabilidade da bomba durante um período de tempo; e (2) em se verifica a capacidade de sucção de bomba em função da pressão reversa aplicada.

Foram considerados outros fatores que podem influenciar nos resultados das análises, entre elas as condições climáticas, tais como: temperatura, umidade relativa do ar e a pressão atmosférica. Outros fatores importantes considerados foram o processo produtivo, o equipamento de trabalho e o rodízio da função.

### 3.2.1 Critérios De Avaliação De Exposição Para Agentes Químicos

Os agentes químicos que podem causar danos à saúde do trabalhador são classificados como agentes insalubres e estiverem acima dos limites de tolerância estabelecidos pela Norma Regulamentadora 15, após inspeção do local de trabalho (NR 15, 1977).

Como pode haver algumas substâncias que não se enquadram nas especificações da NR 15, pode-se utilizar como base os parâmetros especificados pela *American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)*. Esses valores limitantes de exposição foram desenvolvidos como guia de orientação para o controle dos riscos à saúde do trabalhador (CAS, 2013).

Para um trabalhador exposto a uma atividade insalubre por agente de risco químico listado na NR 15, é determinado que nos ambientes de trabalho, em

presença das substâncias descritas nesta norma, a concentração de oxigênio deve ser de 18 % (v/v). Nas situações em que este índice esteja abaixo deste valor, considera-se que há risco à vida do trabalhador (ACGIH, 2013).

### 3.2.2. Coletas do Material

Para a realização da avaliação das concentrações dos agentes químicos através de métodos de amostragem instantânea, de leitura direta, a referente norma estabelece que deva ser realizadas pelo menos 10 amostragens para cada ponto ao nível respiratório do trabalhador e em cada amostragem deverá haver um intervalo de, no mínimo 20 minutos. Na prática, pode-se realizar a coleta dos agentes químicos através de grupo homogêneo de trabalhadores expostos ao mesmo local de trabalho (NR 15, 1977).

O técnico responsável por realizar a coleta dos materiais, deverá ficar atento quanto ao tipo de material coletado, pois alguns agentes químicos deverão ser coletados com o uso de filtros (tubetes), com carvão ativado para nevoas e vapores orgânicos e cassete com filtro de papel para poeira total e respirável. A vazão da bomba deverá ser ajustada de acordo com o material coletado e o tempo de coleta deverá ser respeitado, com redação inicial dada Lei 6.514 de 1977 e aprovada pela Portaria no 3.214, de 1978 (BRASIL 1977).

Em casos em que o ambiente de trabalho esteja com uma grande concentração dos agentes químicos suspensos, o cassete ou tubete pode saturar antes do período final da coleta, sendo necessária a substituição imediata deste material, para dar continuidade à coleta (LATAM).

É importante que o técnico acompanhe todo o período da coleta dos agentes químicos, pois como o equipamento fica diretamente acoplado ao trabalhador, o resultado final poderá não condizer com a realidade, havendo manipulação dos dados pelo funcionário. Sendo assim, na manipulação, na guarda e no transporte deste material deverão ser tomadas algumas medidas de segurança para não haver contaminação ou mesmo danificar os filtros (LATAM, 2013).

Com os dados das análises, as concentrações obtidas nas amostragens não poderão ultrapassar os valores do limite de tolerância e fator de desvio estipulados pela norma (NR 15, 1977).

### 3.2.3 Limites de Tolerância

O limite de tolerância define o valor limite da concentração do agente dentro do qual a maioria dos trabalhadores poderia permanecer exposta 8 horas diárias e 48 horas semanais, durante toda a vida laboral, sem apresentar nenhum sintoma de doenças (NR 15, 1977).

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 na NR 15 e na ACGIH, válidos para absorção por via respiratória (NR 15, 1977).

No caso de agentes químicos que possam ser absorvidos por via cutânea, exige-se o uso de luvas adequadas na sua manipulação, além do EPI necessário à proteção de outras partes do corpo (NR 15, 1977).

Cada uma das concentrações obtidas nas amostragens não deverá ultrapassar os valores obtidos, sendo neste caso considerada situação de risco grave e iminente (NR 15, 1977).

O limite de tolerância será considerado excedido quando a média aritmética das concentrações ultrapassarem os valores fixados pela NR 15 e ACGIH, sendo válidos para jornadas de trabalho de até 48 horas por semana. Neste caso, é necessária uma manipulação matemática para conversão dos valores para 44 horas semanais, seguindo a legislação Brasileira (NR 15, 1977).

### 3.2.4. Valor Teto

O valor teto estipula os limites de tolerância para presença de agentes químicos que não podem ser ultrapassados em momento algum da jornada de trabalho (NR 15, 1977).

### 3.2.5. Valor Máximo

Cada uma das concentrações obtidas nas amostragens não deverá ultrapassar os valores obtidos na equação que segue, podendo ser considerada situação de risco grave e iminente (NR 15, 1977).

Equação 1

Valor máximo = (L.T.) X (F.D.)

Onde:

L.T. = limite de tolerância para o agente químico;

F.D = fator de desvio.

Analisando o caso do estireno, este se enquadra na tabela de limites de tolerância e na NR e ACGIH, porém não há um valor teto de exposição e não é absorvido pela pele (NR 15, 1977; ACGIH 2012).

O valor máximo até 44 horas semanais trabalhadas são de 78 ppm, e 328mg/m<sup>3</sup> para a NR 15 e a exposição máxima para ACGIH é de 40 ppm (NR 15, 1977; ACGIH 2012).

### 3.3. TÉCNICA DE COLETA

A técnica utilizada neste trabalho consiste na coleta de amostras consecutivas, caso em que várias amostras do ar são coletadas durante o período de trabalho, sendo que, o tempo total de coleta deverá ser igual ao da duração do período da jornada de trabalho (IN nº1 1995).

As amostras são analisadas e os resultados de concentração dos agentes químicos em cada uma delas são utilizados para o cálculo da concentração total de tempo para o período (IN nº1 1995).

Nas empresas onde há atividades diferenciadas no decorrer da jornada de trabalho esta técnica poderá ser muito útil, pois irá possibilitar uma comparação com o limite de concentração para a jornada de trabalho inteira, desta forma nos dará as

concentrações dos agentes químicos analisados a cada período e atividade analisada.

### 3.4. TÉCNICAS DE ANALISES

A equação seguinte relaciona a concentração de um poluente ao tempo de coleta o que permite calcular a concentração do composto em um determinado período.

Equação 2

$$CMPT = \frac{C1 T1 + C2 T2 + \dots + Cn Tn}{Tt}$$

Onde:

CMPT = concentração no período, em ppm ou mg/m<sup>3</sup>.

Cn = concentração do agente no ar obtida na amostra n, em ppm ou mg/m<sup>3</sup>.

Tn = tempo de coleta da amostra n, em minutos ou horas.

Tt = tempo total da coleta = T1 + T2 + ... + Tn. Deverá ser aproximadamente igual ao tempo e duração do período (por exemplo: 8 horas = 480 minutos).

A técnica utilizada para a separação, identificação e quantificação dos compostos analisados (nafta e estireno) foi a Cromatografia em Fase Gasosa, utilizado os métodos NIOSH 1501 e 1550, com bomba de vazão com calibração de 0,1 L/m, tubetes de vidro com carvão ativado, com tempo de saturação em torno de 115 a 240 minutos.

### 3.5. CÁLCULOS ESTATÍSTICOS

Para cada situação avaliada os resultados de concentração média dos agentes químicos (mínima de 5 coletas) deverão ser tratados da forma descrita abaixo:

Os principais parâmetros a serem obtidos são:

- número de resultados totais = n
- graus de liberdade (n-1)= g
- maior resultado = Max.
- menor resultado = Min.
- média aritmética dos resultados = MA
- desvio padrão da MA para (n-1)= DP
- logaritmo neperiano (ln) dos resultados = ln(xi)
- média dos ln(xi)= M(ln)
- desvio padrão de M(ln) para (n-1) = DP(ln)
- média geométrica = MG \*
- desvio padrão geométrico DPG
- t(/2) do Student para 95% e g. graus de liberdade = t(/2)

Segundo a instrução normativa nº 1 de 1995, todos os resultados que não serão usados nos cálculos estatísticos, poderá substituir o julgamento profissional.

Seguindo a instrução normativa nº 1 de 1995, quando os resultados forem nulos ou ficarem abaixo dos limites de detecção, será este considerado seu valor como a metade do limite de detecção, podemos descrever como se o limite de detecção da metodologia seja igual a 0,1 ppm, os resultados que sejam nulos ou ficarem abaixo deste valor serão considerados como sendo 0,05 ppm).

A média aritmética (MA) é a soma do resultado dividido pelo número de resultados (IN nº1 1995).

$$MA = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{N}$$

O desvio padrão (DP) da média aritmética (MA) é igual a:

$$DP = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - MA)^2}{(n - 1)}}$$

A partir da Tabela Resumida da Distribuição t obtém-se o t(/2) de Student para 95% de confiança, que corresponde ao valor crítico de t para 95% de intervalo de confiança considerando-se os dois lados da curva (*two sided confidence interval*), que é simbolizado por t(/2).

Com os dados obtidos, calcula-se a logaritmo neperiano do Limite Superior de Confiança ( $\ln(\text{LSC})$ ) para um intervalo de confiança de 95% da concentração média verdadeira, através da equação abaixo.

Em seguida, obtém-se o LSC como abaixo indicado:

$$\text{LSC}(95\%) = \exp(\ln(\text{LSC})) = e^{\ln(\text{LSC})}$$

Este valor significa que, com 95% de confiança, a concentração média verdadeira é menor que este limite.

Em seguida, calcula-se a relação:

$$\frac{\text{LSC (95\%)}}{\text{LC}} = I$$

Nos quais:

$I$  = índice de julgamento

$LC$  = Limites de Concentração do poluente

O índice de julgamento deverá ser utilizado como parâmetro para realizar novas avaliações de controle dos poluentes em suspensão, este índice deve ficar abaixo de 1 (IN nº1 1995).

Utilizando dos cálculos estatísticos iremos chegar a um valor determinado, com isto teremos condições de saber a periodicidade de uma nova análise (IN nº1 1995).

É recomendado que a frequência mínima para o monitoramento seja a seguinte:

- Se o  $I$   $0,5 \leq I \leq 1$ , a frequência mínima de monitoramento deve ser de 16 semanas;
- Se o  $I$   $0,25 \leq I < 0,5$ , a frequência mínima de monitoramento deve ser de 32 semanas;
- Se o  $I < 0,25$ , a frequência mínima de monitoramento deve ser de 64 semanas.

### 3.5.1. Parâmetros Estatísticos Obtidos



A Tabela a seguir apresenta os parâmetros metodológicos para os cálculos e obtenção dos resultados conforme estabelecidos na IN 1 de 1995.

Tabela 1 – **Modelo de parâmetro estatístico.**

Resultado de (Xi)	lnXi
(Xi)	lnXi
X <sub>1</sub>	lnXi
X <sub>2</sub>	lnX <sub>2</sub>
"	"
X <sub>n</sub>	lnX <sub>n</sub>
MA	M(ln)
DP	M(ln)
MG = exp (M(ln))	
DPG = exp (DP(ln))	

BRASIL: IN 1995

A tabela 1 corresponde aos resultados correspondem a média ponderada de tempo (MPT) para um turno de 8 horas (amostragem única cobrindo toda a jornada de trabalho).

Limite de detecção do método = 0,1 ppm.

#### 4. RESULTADOS

Tabela 2 – **Modelo de parâmetro estatístico.**

<b>Resultado de (Xi)</b>	<b>lnXi</b>
(Xi)	lnXi
(Xi)	lnXi
(Xi)	lnXi
(Xi)	lnXi
(Xi)	lnXi
(Xi)	lnXi
(Xi)	lnXi
(Xi)	lnXi
(Xi)	lnXi
MA	M(ln)
DP	M(ln)
MG = exp(M(ln))	
DPG = exp(DP(ln))	

## 4.1 COLETA E ANÁLISE DAS AMOSTRAS

A coleta de amostras de um agente químico é feita em função do estado do agente e dos meios posteriores de análise. Assim, devem ser considerados os alguns fatores discutidos a seguir.

### 4.1.1 Coleta

O ponto ou o trabalhador onde a amostra é coletada deve ser representativo da exposição do grupo de trabalhadores daquela função ou atividade.



Figura 3—Imagem do posto de trabalho  
Fonte: Acervo do Autor (2013)



Figura 4—Imagem do posto de trabalho  
Fonte: Acervo do Autor (2013)

No posto de trabalho são utilizados para a confecção dos postes fios de fibra, onde há um molde, a máquina de filamento, que puxa os fios que são mergulhados na resina e envoltos no molde.



Figura 5—Imagem da amostragem enquanto o funcionário trabalha na confecção dos postes

Fonte: Acervo do Autor (2013)



Figura 6—Imagem da amostragem enquanto o funcionário trabalha  
Fonte: Acervo do Autor (2013)

O funcionário recolhe a resina que fica depositada na canaleta e joga sobre o molde com a finalidade de fixar melhor no molde.

#### 4.2. ANÁLISE DE CONTAMINANTES

A análise de contaminantes varia da mais simples à mais complexa, conforme o método adotado. Em geral, o método é definido pelo tipo de amostradores e características do contaminante. Todos os métodos são baseados em uma curva de calibração do instrumento de medição, obtida pela passagem de uma solução solvente, onde foi dissolvido o contaminante, a qual deve estar isenta deste contaminante primeiramente. Após, adiciona-se um padrão com concentrações conhecidas do contaminante puro (adquirido comercialmente), que é lido no equipamento, fornecendo valores referências para a construção da curva de calibração. A partir dos valores destes padrões, as amostras são injetadas e os valores lidos são comparados com os padrões da curva de calibração (LATAM, 2012).



Figura 7—Imagem do equipamento bomba de vazão  
Fonte: Acervo do Autor (2013)



Figura 8—Imagem do equipamento bomba de vazão<sup>1</sup>  
Fonte: Acervo do Autor (2013)

<sup>1</sup>Bomba de vazão calibrada com uma vazão de 1L/m por minuto.



Figura 9 –Tubetes de carvão ativado  
Fonte: Acervo do Autor (2013)

Frascos de tubetes com carvão ativado, identificados alfanuméricos, com a finalidade de facilitar a identificação no laboratório.

#### 4.2.1. Tipos de Análise

Coforme estabelecido na metodologia NIOSH de análises químicas ambientais os tipos de análises são:

**Volume** – Partindo-se de uma solução com volume conhecido e fazendo-se a leitura do volume final, após a amostragem, determina-se o volume do contaminante, pela diferença entre o volume inicial e o final;

**Titulação** – Partindo-se de uma solução com pH conhecido e fazendo-se a leitura após a amostragem determina-se a massa ou volume do contaminante, pela alteração no valor do pH e comparação com a curva de calibração do medidor;

**Gravimetria** – Pesa-se o amostrador antes e depois da amostragem e compara-se os valores de massa, sendo a diferença entre as pesagens a massa de contaminante,

**Extração** – Extrai-se de um meio sólido ou líquido, através da adição de um solvente, e determina-se o volume ou a massa do contaminante extraído, nevoas.

**Espectrofotometria de Infravermelho, Ultravioleta e/ou Luz Visível** – Prepara-se a amostra e faz-se a leitura da absorção ou dispersão de uma onda com comprimento nas faixas do infravermelho, ultravioleta ou luz visível, que é aplicada na amostra. O resultado da absorção ou dispersão é proporcional a quantidade de contaminante contido na amostra. O resultado da leitura é comparado com a curva de calibração

**Cromatografia Gasosa** – Prepara-se a amostra e faz-se a leitura do tempo de retenção da substância que é injetada em uma coluna interna do instrumento. O tempo de retenção na coluna, entre a injeção e a saída de cada elemento, determina o tipo de substância encontrada na amostra. O resultado da leitura é comparado com a curva de calibração determinando a massa da substância, técnica está utilizada para obtenção dos resultados deste trabalho (LABORATÓRIO LATAM).

#### 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

##### 4.3.1 Levantamento Técnico das Atividades, Análise da Função e Avaliações Quantitativa.

##### 4.3.2 Dados Obtidos Nafta (ACGIH)

A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos pela coleta e análise das amostras do ar no ambiente de trabalho da empresa estudada.

Tabela 3 – **Dados coletados nafta (ACGIH).**

<b>NAFTA</b>	<b>LC ACGIH</b>	<b>300</b>	<b>ppm</b>
Amostra	NAFTA (ppm)	TEMPO MIN	ln(Xi)
1	10,10	180,00	2,31
2	10,70	180,00	2,37
3	5,00	230,00	1,61
4	12,40	180,00	2,52
5	10,40	125,00	2,34
6	11,10	125,00	2,41
7	6,90	180,00	1,93
8	8,10	180,00	2,09
9	5,40	180,00	1,69
10	9,40	180,00	2,24
11	7,80	180,00	2,05
12	8,60	180,00	2,15
13	6,40	180,00	1,86
14	9,10	180,00	2,21
15	8,20	180,00	2,10
<b>TOTAL</b>	<b>129,60</b>	<b>2640,00</b>	<b>31,88</b>
<b>MA</b>	<b>8,64</b>	<b>176,00</b>	<b>2,13</b>
<b>DP</b>	<b>2,13</b>	<b>24,36</b>	<b>0,26</b>
<b>MG = 8,38</b>			
<b>DPG = 1,3</b>			
<b>Graus de liberdade = 14</b>		<b>t<sub>0,975</sub> = 2,145</b>	
<b>ln (LSC) = 2,24</b>			
<b>LSC (95%) = 9,35</b>			
<b>I = 0,03</b>			
<b>C mpt = 8,48</b>			
<b>Frequência mínima de monitoramento 64 semanas</b>			

A Tabela 3 nos dá uma visão ampla dos resultados obtidos das amostragens coletadas do agente tóxico nafta, com base nas (ACGIH), que tem como parâmetros de limite de tolerância para este agente químico 300 ppm.

Foram feitas as médias aritméticas, porém, para ter uma confiabilidade destes dados, foram feitos cálculos estatísticos utilizando a média geométrica (MG) e a concentração média ponderada de tempo (CMPT), sendo o resultado obtido são mais confiáveis. A incerteza expandida foi calculada sobre o limite superior de confiança (LSC), cálculo este que dá uma confiabilidade deste resultado.

Diante destes dados podemos chegar a um índice de julgamento (I), onde este valor irá proporcionar uma periodicidade de novas avaliações.



## 4.3.3 Dados Estireno NR 15

As tabelas 4 e 5 seguem a mesma linha de raciocínio da Tabela 3, porém os resultados obtidos referem às amostras para análise de estireno, com base nas normas NR 15 e ACGIH, que têm como parâmetros de limite de tolerância para este agente químico 78 ppm (NR 15) e 40 ppm para (ACGIH).

Tabela 4 – **Dados obtidos estireno NR15.**

<b>ESTIRENO</b>	<b>LC (NR 15)</b>	<b>78</b>	<b>ppm</b>
Amostra	Estireno(PPM)	Tempo min.	ln(Xi)
1	0,26	140,00	-1,35
2	4,60	135,00	1,53
3	5,20	135,00	1,65
4	4,50	135,00	1,50
5	5,00	135,00	1,61
6	14,20	115,00	2,65
7	12,70	115,00	2,54
8	0,98	115,00	-0,02
9	7,50	135,00	2,01
10	6,90	135,00	1,93
11	12,40	135,00	2,52
12	4,70	135,00	1,55
13	5,80	135,00	1,76
14	1,10	135,00	0,10
15	0,58	135,00	-0,54
16	0,32	135,00	-1,14
17	7,90	135,00	2,07
18	13,70	135,00	2,62
19	8,30	135,00	2,12
20	8,50	135,00	2,14
<b>TOTAL</b>	<b>125,14</b>	<b>2645,00</b>	<b>27,24</b>
<b>MA</b>	<b>6,26</b>	<b>132,25</b>	<b>1,36</b>
<b>DP</b>	<b>4,48</b>	<b>7,52</b>	<b>1,25</b>
<b>MG = 3,9</b>			
<b>DPG = 3,48</b>			
<b>Graus de liberdade =19</b>		<b>t<sub>0,975</sub> = 2,093</b>	
<b>ln(LSC) = 2,4</b>			
<b>LSC (95%) = 11,02</b>			
<b>I = 0,14</b>			
<b>C mpt = 6,18</b>			
<b>Frequência mínima de monitoramento 64 semanas</b>			

Com os dados obtidos nas coletas e fica estabelecido que o Estireno deve ser monitorado com uma frequência de 64 semanas de acordo com o estabelecido na NR 15.

#### 4.3.4. Dados Obtidos Para Estireno (ACGIH)

A tabela 5 apresenta os dados obtidos na análise do estireno conforme as normas da ACGIH.

Tabela 5 – Dados coletados estireno NR15.

<b>ESTIRENO</b>	<b>LC (ACGIH)</b>	<b>40</b>	<b>ppm</b>
Amostra	Estireno (ppm)	Tempo min.	ln(Xi)
1	0,26	140,00	-1,35
2	4,60	135,00	1,53
3	5,20	135,00	1,65
4	4,50	135,00	1,50
5	5,00	135,00	1,61
6	14,20	115,00	2,65
7	12,70	115,00	2,54
8	0,98	115,00	-0,02
9	7,50	135,00	2,01
10	6,90	135,00	1,93
11	12,40	135,00	2,52
12	4,70	135,00	1,55
13	5,80	135,00	1,76
14	1,10	135,00	0,10
15	0,58	135,00	-0,54
16	0,32	135,00	-1,14
17	7,90	135,00	2,07
18	13,70	135,00	2,62
19	8,30	135,00	2,12
20	8,50	135,00	2,14
<b>TOTAL</b>	<b>125,14</b>	<b>2645,00</b>	<b>27,24</b>
<b>MA</b>	<b>6,26</b>	<b>132,25</b>	<b>1,36</b>
<b>DP</b>	<b>4,48</b>	<b>7,52</b>	<b>1,25</b>
<b>MG = 3,9</b>			
<b>DPG = 3,48</b>			
<b>Graus de liberdade = 19</b>		<b>t<sub>0,975</sub> = 2,093</b>	
<b>ln(LSC) = 2,4</b>			
<b>LSC(95%) = 11,02</b>			
<b>I = 0,28</b>			
<b>C mpt = 6,18</b>			
<b>Frequência mínima de monitoramento 32 semanas</b>			

Com os mesmos dados obtidos nas mesmas coletas também pode ficar estabelecido que o Estireno venha a ser monitorado com uma frequência de 32 semanas de acordo com o estabelecido ACGIH, caracterizando assim um monitoramento mais frequente da exposição ao ambiente laboral.

#### 4.4. ANÁLISE QUANTITATIVA DOS RESULTADOS OBTIDOS

A Tabela a seguir mostra os parâmetros e os resultados obtidos para cada um dos agentes, os valores encontrados, o estabelecido pela legislação, o tempo de monitoramento e o que é mais importante as concentrações abaixo dos limites.

Tabela 6 - Análise quantitativa dos resultados obtidos.

Parâmetro	Resultado Média (MA)	CMPT	I.E	Unidade de Medida	I	V.M.P	nº de Coletas	Tempo Coleta Minutos	Frequência do monitoramento	Método Utilizado
ESTIRENO	< 6,26 ppm	6,18 ppm	11,02%	ppm	0.2755	ACGIH - 40 ppm	20	485	32 Semanas	NIOSH 1501
ESTIRENO	< 6,26 ppm	6,18 ppm	11,02%	ppm	0.141282	NR 15 - 78 ppm	20	485	64 Semanas	NIOSH 1501
NAFTA	< 8,64 ppm	8,48 ppm	9,39%	ppm	0.0313	ACGIH - 300 ppm	15	480	64 Semanas	NIOSH 1550

#### Abreviaturas:

Média Aritmética **MA**;

Desvio Padrão **DP**;

Média Geométrica **MG**;

Desvio Padrão Geométrico **DPG**;

Log Limite Superior de Confiança **ln(LSC)**;

Limite Superior de Confiança **LSC**;

Índice de Julgamento **I**;

Concentração Média Ponderada no Tempo **CMPT**;

Incerteza Expandida **I.E**;

Valor Máximo Permitido **V.M.P**;

Norma Regulamentadora – **NR**

American Conference of Industrial Hygienists (**ACGIH**).

#### 4.4.1 Análise dos Resultados Finais

Na Tabela 6 estão os dados das análises realizada dos produtos tóxicos considerados neste trabalho.

Analisando os dados do agente tóxico estireno, considerando a norma ACGIH, temos que o poluente está presente na quantidade no ar, de 6,26 ppm. Para ter uma maior confiabilidade nos resultados, foi calculada a Concentração Média Ponderada no Tempo (CMPT), que corresponde a de 6,18 ppm do poluente no ar. Para mensurar a confiabilidade destes dados, foi calculado o limite superior de confiança (LSC), que serviu como parâmetro para incerteza expandida (I.E), onde temos um erro em torno de 11,02% do resultado.

Diante destas informações será necessário determinar qual o período para realizar novas análises, para isto, utilizarmos o índice de julgamento.

Para o estireno o parâmetro (I) ficou em 0.28 ou seja  $(I) > 0.25$ , portanto seu monitoramento será de 32 semanas conforme indicado pela ACGIH.

Enquadrando o estireno na Norma Regulamentador 15, os dados da (M.A), (C.M.P.T) e (I.E), são os mesmos, porém o índice de julgamento ficou estabelecido em 0.14, ou seja  $(I) < 0.25$ , portanto seu monitoramento será de 64 semanas.

Para o agente tóxico nafta, a referência do limite de tolerância de partículas em suspensão no ar enquadra-se apenas na ACGIH, a média aritmética da concentração do poluente no ar foi de 6,26 ppm, a concentração média ponderada no tempo (CMPT), ficou em 8,48 ppm, a incerteza expandida (I.E) ficou em 9,39% e o índice de julgamento ficou em 0.03, ou seja,  $(I) < 0.25$ , portanto seu monitoramento deverá ser realizado a cada 64 semanas.

Segundo o *Chemical Abstracts Service* (CAS), que é um serviço de indexação de periódicos científicos na área da química, até este ano mais de 23 milhões de compostos químicos receberam o número da CAS. Existe atualmente mais de 60, mil produtos usados na indústria, destes, apenas uma pequena fração possui catalogados os efeitos ao meio ambiente e ao ser humano, bem como aos limites de tolerâncias.

A ACGIH que é mais completa, nos fornece um catálogo de limites de tolerâncias para mais de 700 agentes químicos, já a NR 15 mostra pouco mais de 150 substâncias catalogadas.

Foram utilizados como parâmetros para este trabalho os limites de tolerância existentes na Norma Regulamentadora – NR e *American Conference of Industrial Hygienists* (ACGIH).

## 5 CONCLUSÃO

O presente estudo apresentou um diagnóstico que os agentes tóxicos nafta e estireno estão dispersos especificamente no setor operacional da empresa analisada.

Esta metodologia demonstrou-se eficiente, pois foi possível mensurar a concentração dos agentes tóxicos e a área de dispersão no ar, mostrando que os poluentes estão concentrados apenas em um determinado local da empresa, não contaminando outros setores e/ou ao seu entorno, pois havia um receio que estes poluentes além de estarem dispersos na empresa estariam contaminando outras empresas próximas.

De acordo com a legislação vigente, aplicando-a ao ambiente laborais atividades executada se ao tempo de exposição, considerando os resultados obtidos ficou constatado que a exposição dos trabalhadores aos agentes químicos nafta e estireno, na empresa onde foram realizadas as amostragens, estão abaixo dos limites de tolerância.

O monitoramento das atividades desenvolvidas na empresa citada deverá ter um acompanhamento periódico de avaliação dos produtos químicos, nafta e estireno com uma frequência de 64 semanas.

O agente químico Estireno está classificado tanto na NR como ACGIH. Para o monitoramento deste agente classificado na ACGIH, deveser de 32 semanas.

Diante destes resultados não houve a necessidade de aplicar medidas de controle coletivas, tais como exaustão e/ou ventilação direcionada, sendo necessário apenas um monitoramento anual caso as concentrações ultrapassassem os limites de tolerância seria necessário a adequação do local, implantando medidas para minimizar ou neutralizar os agentes tóxicos.

Uma ação a ser implantada seria a exaustão com filtro de manta com uma extensão até o equipamento, tendo em vista que o estireno é mais pesado que o ar e tende a descer.

A maioria das empresas utiliza um tipo de exaustão que é instalada no teto das empresas, apenas com a finalidade de haver a circulação de ar no ambiente e

não há uma preocupação das partículas e vapores que são lançadas no ambiente externo.

Nas análises dos laudos emitidos pelo laboratório foi verificado que as concentrações do poluente no ar ambiente foram mais altas nos dias mais frios e com a umidade relativa do ar alta, contrariando as deduções iniciais, pelo fato que a matéria prima utilizada era aquecida. Este aspecto pode ser explicado pelo motivo que na empresa analisada não dispunha de exaustão mecânica, apenas uma ventilação natural e que os funcionários, para se protegerem do frio, fechavam as saídas de circulação do ar natural.

O engenheiro de Segurança do Trabalho, ao realizar uma análise quantitativa de poluentes em uma determinada empresa que não disponibilize o sistema de exaustão, tem a responsabilidade de orientar aquela empresa dos riscos dos resultados obtidos serem superiores aos dos limites de tolerância, por não haver uma exaustão adequada no local, os produtos tóxicos em suspensão no ar estarão em maior concentração naquele ambiente, havendo a necessidade de implantar o sistema de exaustão e uma nova análise do ar terá que ser realizada, havendo um gasto desnecessário por parte da empresa.

## REFERÊNCIAS

INSTRUÇÃO NORMATIVA DO INSS N 99, de 17 de dezembro de 2004 do Artigo 153: Disponível em: <<http://www3.dataprev.gov.br/SISLEX/paginas/38/INSS-DC/2004/111.htm>> Acesso em: 10/07/2013;

INSTRUÇÃO NORMATIVA INSSDC Nº 95, de 7 de outubro de 2003 – DOU de 14/10/2003, § 2º Parágrafo único: Disponível em <<http://www3.dataprev.gov.br/SISLEX/paginas/38/inss-dc/2003/95.htm>>. Acesso em 10/07/2013;

INSTRUÇÃO NORMATIVA nº 1 de dezembro de 1995. Disponível em: <<http://www.toxikon.com.br/IN01.HTML>>. Acesso em: 25/07/2013;

FUNDACENTRO – Fundação Jorge Duprat Figueiredo de segurança e medicina do trabalho: Disponível em <<http://www.fundacentro.gov.br/>>. Acessado em 15/06/2013

NORMA REGULAMENTADORA (NR) aprovada pela portaria 3.214, de 08 de junho de 1978;

ABNT 14725-3, Produtos químicos – informações sobre segurança, saúde e meio ambiente;

AMERICAN CONFERENCE OF INDUSTRIAL HYGIENISTS - ACGIH - TLVs e BEIs - 2010 - Apêndice H, Método de Cálculo Recíproco para certos Vapores de Solvente a base de Hidrocarbonetos Refinados, tradução da ABHO - Associação Brasileira de Higiênistas Ocupacionais 1995.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURANÇA E SAÚDE OCUPACIONAL - NIOSH 1550 – Naftas;

FICHA DE INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA DE PRODUTO QUÍMICO - FISPQ Estireno PA Ara Química S.A;



FICHA DE INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA DE PRODUTO QUÍMICO - FISPQ  
Nafta - Petrobras Distribuidora Riograndense S.A;

CHEMICAL ABSTRACTS SERVICE (CAS): Disponível em  
<<http://www.cas.org/products/scifinder>>. Acesso em: 17/06/2013;

BRASIL ESCOLA: Disponível em  
<<http://www.brasilecola.com/geografia/naftacombustivel.htm>>. Acesso em:  
17/06/2013;

LABORATÓRIO DE ANÁLISES TOXICOLÓGICAS E AMBIENTAIS - LATAM.  
INSTRUÇÃO NORMATIVA INSSDC no 84 de 17/12/2002.

INSS/DC Nº 84: Disponível em  
<[http://www3.dataprev.gov.br/SISLEX/paginas/38/INSS-DC/2002/84\\_1.htm](http://www3.dataprev.gov.br/SISLEX/paginas/38/INSS-DC/2002/84_1.htm)>. Acesso  
em: 10/07/2013.