

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS – UEA
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA – EST
CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA

LETÍCIA SAKO

ANÁLISE DE AGENTES QUÍMICOS COM BASE NO PPRA EM UMA
INDÚSTRIA METALÚRGICA DO PIM

MANAUS

2019

LETÍCIA SAKO

**ANÁLISE DE AGENTES QUÍMICOS COM BASE NO PPRA EM UMA
INDÚSTRIA METALÚRGICA DO PIM**

**Monografia apresentada ao Curso de Graduação
em Engenharia Química da Escola Superior de
Tecnologia da Universidade do Estado do Amazonas,
para obtenção do título de Bacharel em Engenharia
Química.**

Orientador: Prof. Dr. Clairon Lima Pinheiro

Coorientador: Eng. De Segurança do Trabalho Marione Tavares Silva

MANAUS

2019

LETÍCIA SAKO

**ANÁLISE DE AGENTES QUÍMICOS COM BASE NO PPRA EM UMA
INDÚSTRIA METALÚRGICA DO PIM**

**Monografia de Conclusão de Curso para obtenção do título de Engenheiro, Habitação em
Engenharia Química – Escola Superior de Tecnologia, Universidade do Estado do
Amazonas**

Banca Examinadora:

.....
Prof. Dr. Clairon Lima Pinheiro – Orientador

Francileide Eugênia F. dos Santos.
Engenheira Química Francileide Eugênia Ferreira dos Santos

Regina Yanako Moriya
.....
Profa. Dra. Regina Yanako Moriya – UEA

Conceito:

Manaus, 04 de dezembro de 2019.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família e aos meus amigos, que me deram força e confiança durante essa etapa que foi a graduação. Em especial aos meus pais e minha saudosa avó.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço à Deus por sempre estar presente, trazendo-me saúde, persistência e luz durante esta caminhada.

Aos meus pais, Cláudia Miyuki Muramoto Sako e Flávio Sako, por todo sacrifício que fizeram, pela dedicação, incentivo e apoio ao longo da minha vida. Sem eles essa conquista não seria possível.

Ao meu irmão, Vinícius Sako, pela amizade, conversas e companheirismo mesmo em momentos de estresse, melhor caçula não poderia ter.

Meus profundos agradecimentos à minha família: avós, tios e primos. Em especial à família Muramoto, que sempre esteve presente mesmo longe durante esses últimos anos; por todo incentivo e confiança. Por fim, à minha querida avó, Yoshie Muramoto, que nos deixou tão cedo e repentinamente; agradeço por todo amor e dedicação, da minha criação até sua partida, e por todo incentivo para que eu conquistasse um diploma. Tenho certeza que continua me iluminando e guiando do céu.

Meu carinhoso agradecimento ao Felipe Lopes Ribeiro, que com muita ternura, acompanhou minha trajetória na engenharia química desde o começo, sempre me apoiando e desejando o melhor para mim, o qual posso recorrer a qualquer hora para encontrar forças para enfrentar os desafios que encontro pelo caminho.

Aos amigos que a engenharia me deu e que ficaram marcados no meu coração: Anne Borges, Allan Dácio, Ricardo Gil, Rayanne Bezerra, Mariane Martins, Tainá Pimentel, Sandryelle Plácido, Marinélio Costa, Miguel Novo, Karina Palmeira e Maria Luziele. Muito obrigada pela amizade e ajuda, por cada conhecimento trocado, pelos grupos de estudo, noites de provas, seminários e tantos outros trabalhos; assim como momentos vividos de descontração e tensão. Vocês foram fundamentais ao longo dessa jornada!

Minha gratidão ao orientador, Prof. Dr. Clairon Lima Pinheiro, por ter me aceitado como orientanda, pelas ajudas, orientações, paciência e todo empenho dedicado para a conclusão deste trabalho.

À minha coorientadora, Engenheira de Segurança do Trabalho Marione Tavares Silva, pelo apoio e conhecimentos transmitidos sobre Segurança do Trabalho.

À Engenheira Química Emily Gomes e Químico Sr. Eliano Passos, por ter me acolhido de forma tão solícita, por toda ajuda e disposição oferecidas para a realização do meu trabalho.

Gostaria de deixar meu profundo agradecimento à banca de TCC I e II: Profa. Dra. Regina Yanako Moriya, Engenheira Química Francileide Eugênia Ferreira dos Santos e Prof. Dr. Jefferson Luiz Grangeiro da Silva por estarem presentes na avaliação, por toda contribuição no meu trabalho, como também pelo conhecimento passado ao longo da minha graduação.

A todos os professores do curso de Engenharia Química da Universidade do Estado do Amazonas, por todos os ensinamentos e conselhos durante meus estudos. Em especial às professoras Dania del Toro e Cláudia Cândida Silva, que apesar de não estarem envolvidas na execução deste trabalho, tiveram uma participação especial na minha graduação. Guardarei com muito carinho todos os ensinamentos acadêmicos e de vida.

Por fim, meu agradecimento aos meus colegas de estágio da BIC, em especial: Eugênia, Rayfran, Tatiane Nascimento, Amanda, Bia, Jaqueline, Octávio, Renato e Alfaia; e meus colegas de Asseguração da Qualidade da Brasil Norte Bebidas; que me ensinaram muito sobre a vida profissional, mas além disso, que me ensinaram muito a crescer pessoalmente.

“As palavras só têm sentido se nos ajudam a ver o mundo melhor. Aprendemos palavras para melhorar os olhos.”

(Rubem Alves)

RESUMO

Manaus, durante parte de sua história teve sua economia marcada pelo extrativismo. Porém entre o final da década de 50 e 60 teve o surgimento da Zona Franca de Manaus e de sua base, o Pólo Industrial de Manaus, como forma de elevar o desenvolvimento da região, sendo instaladas diversas indústrias. No Brasil, a preocupação pelo bem-estar dos funcionários das indústrias começou a surgir com o advento da Consolidação das Leis de Trabalho, em 1943, que impulsionou a criação de várias outras normas com base na saúde e segurança do trabalho. Este trabalho buscou apresentar a Norma Regulamentadora-09 sobre o Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA) em uma metalúrgica de pequeno porte com foco nos agentes químicos fumos metálicos, óleo mineral e monóxido e dióxido de carbono, que para tanto, foi necessário escolher um setor e fazer uma análise qualitativa do ambiente e em seguida, uma análise quantitativa por meio de amostragens e análises em laboratório para verificar a exposição dos trabalhadores a estes químicos. As amostras foram coletadas e analisadas utilizando diferentes técnicas, dependendo do agente, resultando em uma concentração média de 0,028 mg/m³ de alumínio, 0,034 mg/m³ de cobre e 0,0432 mg/m³ de ferro, 0,349 mg/m³ de óleo mineral, 0 ppm de monóxido de carbono e 786 ppm de dióxido de carbono. Não foi observada nenhuma excedência aos limites de tolerância impostos pelas normas, indicando que a indústria possui um ambiente de trabalho satisfatório, onde os funcionários desenvolvem suas funções de forma segura e sem insalubridade.

Palavras-chave: PPRA, indústria metalúrgica, riscos químicos.

ABSTRACT

Manaus, during part of its history had its economy marked by extractivism. But, between the end of the 50's and 60's, the Manaus Free Trade Zone and its base, the Manaus Industrial Pole, emerged as a way to increase the development of the region. In Brazil, concern for the well-being of industry employees began to emerge with the advent of the Consolidation of Labor Laws in 1943, which prompted the creation of several other standards based on occupational health and safety. This paper sought to present Regulatory Standard-09 on the Environmental Risk Prevention Program (PPRA) in a small metallurgical company focusing on chemical fumes, mineral oil, carbon monoxide and carbon dioxide, that was necessary to choose a sector and make a qualitative analysis of the environment and then a quantitative analysis through sampling and laboratory analysis to verify workers' exposure to these chemicals. Samples were collected and analyzed using different techniques, depending on the agent, resulting in an average concentration of 0,028 mg/m³ aluminum, 0,034 mg/m³ copper e 0,0432 mg/m³ iron, 0,349 mg/m³ mineral oil, 0 ppm carbon monoxide and 786 ppm carbon dioxide. No exceedance of the tolerance limits imposed by the standards was observed, indicating that the industry has a satisfactory working environment where employees perform their duties safely and without unhealthiness.

Keywords: PPRA, metallurgical industry, chemical risks.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Relação entre os TLVs.....	24
Figura 2 - Sistema respiratório humano.	29
Figura 3 - Bomba de amostragem BDXII Abatement Air Sampler.	35
Figura 4 – Cassete.	35
Figura 5 - Amostrador IOM.....	36
Figura 6 - Montagem do Amostrador IOM.	36
Figura 7 - Calibrador Gilian Gilibrator-2.	37
Figura 8 - Termo-higro-anemômetro-luxímetro.....	38
Figura 9 - Detector de Gases Portátil.....	39
Figura 10 – Calibração no equipamento Gilibrator-2.....	44
Figura 11 - Esquema de Interpretação dos Resultados com Relação ao Limite de Tolerância.....	50
Figura 12 - Distribuição Lognormal dos Resultados de Alumínio.....	53
Figura 13 - Distribuição Lognormal dos Resultados de Cobre.	54
Figura 14 - Distribuição Lognormal dos Resultados de Ferro.	55
Figura 15 - Distribuição Lognormal dos Resultados de Óleo Mineral.....	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Normas Regulamentadoras.....	20
Tabela 2 - Normas de Higiene Ocupacional.....	25
Tabela 3 - Resultados das Análises de Fumos Metálicos.....	49
Tabela 4 - Estatística Descritiva para Análise de Fumos Metálicos.....	51
Tabela 5 - Nível de Ação em Função do DPG.....	52
Tabela 6 - Estatísticas Paramétricas Lognormais para Análise de Fumos Metálicos.....	52
Tabela 7 - Resultados das Análises de Óleo Mineral.....	56
Tabela 8 - Estatística Descritiva para Análise de Óleo Mineral.....	57
Tabela 9 - Nível de Ação em Função do DPG.....	57
Tabela 10 - Estatísticas Paramétricas Lognormais para Análise de Óleo Mineral.....	58
Tabela 11 - Resultado da Análise de Monóxido de Carbono e Dióxido de Carbono.....	59

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABHO	Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais
ACGIH	<i>American Conference of Governmental Industrial Hygienists</i>
Al	Alumínio
CA	Certificado de Aprovação
CLT	Consolidação das Leis do Trabalho
CO	Monóxido de Carbono
CO ₂	Dióxido de Carbono
Cu	Cobre
dB	Decibéis
DPG	Desvio Padrão Geométrico
EAM	Estratégia de Amostragem
EPC	Equipamento de Proteção Coletiva
EPI	Equipamento de Proteção Individual
Fe	Ferro
FUNDACENTRO	Fundação Centro Nacional de Segurança, Higiene e Medicina do Trabalho
GHE	Grupo Homogêneo de Exposição
HPLC	Cromatografia Líquida de Alta Resolução (<i>High Performance Liquid Chromatography</i>)
ICP-OES	Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado (<i>Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry</i>)
I _{MV}	Índice de Julgamento para a Média Verdadeira de Exposição
IOM	<i>Institute of Occupational Medicine</i>
L	Litro
L/min	Medida de vazão de litro por minuto
LSC _{LE, 95%}	Limite Superior de Confiança Land's Exato
MCE	Ésteres de Celulose Mistos (<i>Mixed Cellulose Ester</i>)
mg/m ³	Medida de concentração de miligrama por metro cúbico
µm	Micrômetro

mm	Milímetro
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
NHO	Normas de Higiene Ocupacional
NHT	Normas de Higiene do Trabalho
NIOSH	<i>National Institute for Occupational Safety and Health</i>
NR	Norma Regulamentadora
OIT	Organização Internacional do Trabalho
PIB	Produto Interno Bruto
PIM	Pólo Industrial de Manaus
ppm	Medida de concentração parte por milhão
PPRA	Programa de Prevenção de Riscos Ambientais
s	Desvio Padrão
SESMT	Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho
t	Tonelada
TLV	Limites de Exposição Ocupacional (<i>Threshold Limit Values</i>)
TLV-C	Valor Teto (<i>Ceiling</i>)
TLV-STEL	Exposição de Curta Duração (<i>Short Time Exposure Limit</i>)
TLV-TWA	Média Ponderada pelo Tempo (<i>Time Weight Average</i>)
ZFM	Zona Franca de Manaus

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 HISTÓRIA DE MANAUS.....	16
2.1.1 Pólo Industrial de Manaus.....	16
2.2 HIGIENE OCUPACIONAL	18
2.2.1 História da Higiene Ocupacional	19
2.2.2 Higiene Ocupacional no Brasil.....	19
2.2.3 Normas Regulamentadoras	20
2.2.4 Normas de Higiene Ocupacional.....	25
2.3 PROGRAMA DE PREVENÇÃO DE RISCOS AMBIENTAIS	26
2.3.1 Agentes Físicos	26
2.3.2 Agentes Biológicos	27
2.3.3 Agentes Químicos	27
2.3.4 Material Particulado	28
2.3.5 Desenvolvimento do PPRA	30
2.4 PLANEJAMENTO DO PPRA.....	32
2.4.1 Tipo de Coleta	32
2.4.2 Tempo de Amostragem	33
2.4.3 Grupo Homogêneo de Exposição (GHE).....	33
2.4.4 Tipos de Amostras	34
2.4.5 Equipamentos e Materiais de Amostragem dos Agentes Químicos.....	34
2.4.6 Laboratório de Análise.....	39
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	40

3.1 MATERIAIS	40
3.1.1 Avaliação de Fumos Metálicos	40
3.1.2 Avaliação de Óleo Mineral.....	41
3.1.3 Avaliação de Gases	41
3.2 AVALIAÇÃO QUALITATIVA	42
3.2.1 Descrição do Ambiente de Trabalho.....	42
3.3 AVALIAÇÃO QUANTITATIVA	43
3.3.1 Calibração das Bombas de Amostragem.....	43
3.3.2 Coleta das Amostras por Gravimetria.....	44
3.3.3 Coleta das Amostras de Gases.....	48
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
4.1 FUMOS METÁLICOS	49
4.2 ÓLEO MINERAL	56
4.3 MONÓXIDO DE CARBONO E DIÓXIDO DE CARBONO.....	59
4.4 BENEFÍCIOS DO PPRA	60
5 CONCLUSÃO.....	61
6 PERSPECTIVAS.....	62
REFERÊNCIAS	63
ANEXO.....	68
ANEXO A – NORMA REGULAMENTADORA Nº 9	68
ANEXO B – NORMA REGULAMENTADORA Nº 15.....	74

1 INTRODUÇÃO

A Região Norte brasileira é marcada pela economia voltada para o extrativismo vegetal e mineral. Da mesma maneira, Manaus teve a sua economia movimentada através do extrativismo, com destaque o da borracha. Entretanto, com a Lei nº 3.173, de junho de 1957, ocorreu o surgimento da Zona Franca de Manaus (ZFM); zona industrial com objetivo de impulsionar o desenvolvimento da região. (FERREIRA; BOTELHO, 2014)

O Pólo Industrial de Manaus (PIM), consiste na base desta zona, sendo considerado um dos mais modernos da América Latina e tendo presente diversos setores industriais, como: eletrônica, duas rodas, produtos ópticos, informática e química. (SUFRAMA, 2018)

As atividades industriais funcionam muitas vezes pelo conjunto homem e máquina, fazendo com que os trabalhadores estejam expostos a diversos tipos de riscos, não só àqueles provenientes das máquinas, como esmagamento e cortes; e sim, a todos presentes no ambiente de trabalho, que podem ser: biológicos, químicos, físicos, ergonômicos e psicológicos. (MIRANDA; DIAS, 2004)

Dessa forma, por refletir no bem-estar e na vida de pessoas, prevenir os riscos ambientais se fez necessário, a fim de evitar danos à integridade. No Brasil, esta questão começou a ganhar mais visibilidade após a criação da Consolidação das Leis de Trabalho, em 1943, com as definições dos direitos dos trabalhadores. (BRASIL, 1943)

Com o advento das Normas Regulamentadoras (NR), a segurança e medicina do trabalho tornou-se mais importante, dispondo de ações de controle dos perigos e riscos que são colocados em prática por meio de profissionais de várias áreas ligadas a este assunto, para prevenir, eliminar controlar, ou minimizar possíveis doenças e acidentes de trabalho. (LANCMAN et al., 2003; ROJAS, 2015)

Dentre estas normas, a NR-09 trata do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA), cujo objetivo é identificar os riscos do trabalho, avaliar e apresentar as medidas de controle que devem ser aplicadas para cada local para prevenir a saúde dos trabalhadores, sendo obrigatória a sua implantação em toda indústria ou estabelecimento que possuir funcionários. (BRASIL, 1978)

Assim, o objetivo geral deste trabalho é acompanhar o desenvolvimento do PPRA, referente às avaliações da parte química, presente em uma indústria metalúrgica do Pólo Industrial de Manaus. Os objetivos específicos consistem em:

- Identificar as leis e normas referentes ao programa;

- Identificar os agentes químicos a serem avaliados;
- Avaliar os resultados das amostragens dos agentes químicos;
- Identificar as medidas de controle necessárias aos trabalhadores;
- Avaliar os benefícios da aplicação do PPRA para a indústria estudada.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 HISTÓRIA DE MANAUS

Em 1669, a área conhecida atualmente como Manaus, foi ocupada pelos portugueses, que realizaram a construção de um forte chamado Fortaleza de São José, a fim de evitar a aproximação dos espanhóis. Nesta época, a região, que foi chamada de Barra do Rio Negro, tinha sua economia em torno de cultivo e extrativismo. (HERNANDES, 2011)

A região passou por várias mudanças de nomenclatura. Em 1833, foi chamada de Vila Manaós, em virtude de uma tribo indígena presente. Em 1848, foi titulada cidade, porém recebeu seu nome Manaus somente em 1856. (GOVERNO DO AMAZONAS, 2018; HERNANDES, 2011)

Manaus teve seu desenvolvimento na era da borracha. A cidade foi a primeira do país a receber urbanização e uma das primeiras a receber energia elétrica, sendo chamada de Paris dos Trópicos. Foi aí também que teve a construção de pontos, hoje considerados turísticos, como o Teatro Amazonas (que recebeu materiais de países da Europa) e Mercado Adolpho Lisboa. (PRADO JUNIOR, 2000)

Até o período dos Acordos de Washington, em 1943, a produção de borracha, conhecido como Segundo Ciclo da Borracha, seguiu devido implantação da indústria de aço. Porém, ao final do ciclo da borracha, a região entrou em declínio, principalmente por conta do aumento da população que veio à região atraída pelo *boom* da borracha. (MINORI; COUTINHO, 2009)

Foi a partir do Projeto de Lei nº 1.310, de outubro de 1951, que surgiu a proposta do porto franco de Manaus. Com isso, através da Lei nº 3.173, de junho de 1957 transformou-se o porto em Zona Franca de Manaus (ZFM). Apesar disso, somente com o Decreto-Lei nº 288, de 28 de fevereiro de 1967, com a criação da SUFRAMA, responsável por administrar as instalações e serviços da ZFM, é que a zona ganhou a estrutura atual. (MINORI; COUTINHO, 2009; SERÁFICO; SERÁFICO, 2005)

2.1.1 Pólo Industrial de Manaus

Segundo o presente na legislação do Decreto-Lei nº 288, de 28 de fevereiro de 1967:

Art. 1º A Zona Franca de Manaus é uma área de livre comércio de importação e exportação e de incentivos fiscais especiais, estabelecida com a finalidade de criar no interior da Amazônia um centro industrial, comercial e agropecuário dotado de condições econômicas que permitam seu desenvolvimento, em face dos fatores locais e da grande distância, a que se encontram, os centros consumidores de seus produtos. (BRASIL, 1967)

A ZFM teve quatro fases até então: a primeira (1967-1975) foi marcada pela atividade comercial (terciária) e início da atividade industrial, uma vez que Manaus era a única do país com liberdade de importação. A segunda (1975-1990) ocorreu o estabelecimento de política nacional de fomento à indústria de insumos, em que se determinou índices mínimos de nacionalização para os produtos da ZFM e contingência de importações. Foi nesta segunda fase também que ocorreu grande desenvolvimento de Manaus e a primeira prorrogação da ZFM, por mais 25 anos, em 1988. (HERNANDES, 2011)

A terceira fase (1991-1996) foi marcada por momentos difíceis durante o governo Collor, em que o país se abriu para o mercado exterior e reduziu o Imposto de Importação, aumentando o mercado competitivo e forçando a se modernizar. A quarta fase (1996-2002) teve a adaptação ao mercado globalizado devido o Plano Real, com privatizações e desregulamentação; e aumento das exportações do Pólo Industrial de Manaus (PIM). (HERNANDES, 2011)

O PIM é considerado a base da ZFM, possuindo cerca de seiscentas empresas instaladas, onde a maioria consiste nas áreas de duas rodas e eletrônicos. A presença das multinacionais fez com que a Amazônia ingressasse na economia global, contribuindo para que Manaus, capital do estado do Amazonas, apresentasse um dos maiores PIB *per capita* entre as capitais do país. (FERREIRA; BOTELHO, 2014)

Apesar do grande desenvolvimento tecnológico e automação das indústrias, o pólo apresenta como característica a preferência pela mão-de-obra de trabalhadores, mesmo para execução de tarefas simples, uma vez que ainda são mais baratos em comparação aos processos modernizados, gerando fonte de emprego e renda para a população da cidade de Manaus e região. (ANDRADE, 2015; FERREIRA; BOTELHO, 2014)

Assim, como foi instituído no artigo 196 da Constituição Federal, todos os cidadãos têm direito à saúde, através de medidas que eliminem, reduzam ou controlem o risco de doenças. No caso das indústrias, a saúde vem definida como higiene do trabalho, que tem por objetivo assegurar a saúde física e mental dos trabalhadores, através da Segurança do Trabalho. (BRASIL, 1988; CRUZ, 1998)

2.1.1.1 Descrição da Indústria

A indústria utilizada como estudo para o trabalho é do setor metalúrgico. Está presente no Pólo Industrial de Manaus (PIM) desde a década de 80, fabricando peças de alumínio para o pólo de duas rodas por meio de injeção sob pressão. Como matéria-prima, utiliza-se a liga de alumínio, amplamente aplicada no setor automotivo visto que consiste em um metal mais leve, com boas propriedades mecânicas e melhor desempenho.

No processo de fundição sob pressão, o metal líquido passa de um recipiente para o interior da cavidade do molde sob altas pressões, resultando nas peças desejadas. É considerado um processo de precisão e o mais utilizado quando se trata de peças fundidas em alumínio. (AMBO; OLIVEIRA, 2016)

Atualmente, a empresa conta com layout de 25 máquinas injetoras em produção, estando divididas em grupos de acordo com a capacidade de fechamento, podendo ser de 125, 250, 350, 650, 800 t.

2.2 HIGIENE OCUPACIONAL

Higiene é uma palavra grega com significado do que é saudável. Quando se fala em Higiene, é comum associá-la a aspectos que garantem a saúde dos seres humanos. Segundo o dicionário da Academia Brasileira de Letras (2008), Higiene significa:

s.f. 1. Conjunto de regras e práticas indispensáveis à preservação da saúde e à preservação de doenças.

Apesar de ser bastante lembrado pela parte física, não se pode esquecer da saúde mental, uma vez que ela contribui para o desenvolvimento de doenças psíquicas nos seres humanos, como depressão e estresse. Como forma de resolver estes problemas surgiu um campo da ciência chamada de Ergonomia. (ROCHA; BASTOS, 2017)

Ergonomia é uma palavra derivado do grego (*ergon* e *nomos*) que significa regras de trabalho, também denominada como conceitos de leis do trabalho ou ciência do trabalho (CORRÊA; BOLETTI, 2015). Os procedimentos e técnicas utilizadas para garantir a boa saúde do ser humano dentro do ambiente de trabalho é denominada higiene industrial ou ocupacional, em

que consiste em identificar, prevenir e controlar os riscos, perigos e fatores que geram estresse no trabalhador, através da agregação do conhecimento de diferentes ciências. (GOELZER, 2014)

Os riscos do ambiente de trabalho estão associados às atividades executadas ali no cotidiano, podendo ser: riscos físicos, químicos e biológicos. Atualmente, leva-se em consideração também, riscos de esforços repetitivos e estresse por más condições de trabalho. Assim, de modo geral, a higiene ocupacional atua de forma a prevenir e assegurar a saúde dos funcionários a fim de obter retornos a longo prazo. (ROCHA; BASTOS, 2017)

2.2.1 História da Higiene Ocupacional

Ao longo da história verificou-se a presença da avaliação da higiene ocupacional por diferentes críticos, desde muito tempo, como o de Plinius Secundus, também conhecido como Plínio, O Velho (23 – 79 d.C.); que apresentou uma medida de controle de riscos para os trabalhadores de processo de fundição, que consistia em cobrir o rosto com panos frouxos ou bexigas de carneiros. (STELLMAN, 2003)

Hippocrates (460 – 370 a.C.) foi outra figura importante na história da Higiene Ocupacional, fazendo referência às doenças ocupacionais, como o envenenamento por chumbo dos trabalhadores metalúrgicos, até que ocorreu o surgimento da obra de Bernardino Ramazzini. (ROCHA; BASTOS, 2017)

Ramazzini (1633-1714) foi um médico italiano, e hoje considerado “pai da medicina ocupacional”, que no ano de 1713 publicou o primeiro livro sobre diversas doenças ocupacionais, chamado *De Morbis Artificum Diatriba*. Neste livro, ele descreveu 52 atividades, com seus riscos e possíveis doenças que poderiam ser desencadeadas. Consistiu em uma obra tão relevante que permaneceu intacta por mais de 100 anos sem alterações de literatura. (RAMAZZINI, 1999; STELLMAN, 2003)

2.2.2 Higiene Ocupacional no Brasil

Em 1º de maio de 1943 por meio do Decreto lei nº 5.452, o presidente Getúlio Vargas criou a Consolidação das Leis do Trabalho (CLT) que decretava os direitos dos trabalhadores brasileiros, que dentre os vários assuntos abordados, estava a segurança e medicina do trabalho (BRASIL,

1943). Estes pontos do direito do trabalhador obtiveram maior destaque ainda, com a Lei nº 5.161, de 21 de outubro de 1966, que criou a Fundação Centro Nacional de Segurança, Higiene e Medicina do Trabalho, mais conhecida como FUNDACENTRO; ocorrido devido crescimento de acidentes e doenças relacionadas ao ambiente de trabalho. (ROJAS, 2015)

Assim, nesta década, o Governo em parceria com a Organização Internacional do Trabalho (OIT), criada através do Tratado de Versalhes, iniciou análises dos problemas e desenvolvimento de medidas de controle a fim de reverter este preocupante quadro negativo de perdas no ambiente de trabalho. (ROCHA; BASTOS, 2017)

2.2.3 Normas Regulamentadoras

Em 08 de junho de 1978, pela Portaria nº 3.214, foi aprovado a criação das Normas Regulamentadoras (NRs) que diz respeito à Saúde e Segurança do Trabalho, sendo adotadas até os dias atuais pelo Governo, Empresas e Sociedade. (BRASIL, 1978; ROJAS, 2015) No total, possuem 36 NRs, com suas respectivas disposições gerais, conforme Tabela 1 a seguir:

Tabela 1- Normas Regulamentadoras.

(continua)

Norma Regulamentadora	Assunto
NR-01	Inspeção Prévia;
NR-02	Embargo ou Interdição;
NR-03	Serviço Especializado em Segurança e Medicina do Trabalho – SESMT;
NR-05	Comissão Interna de Prevenção de Acidentes – CIPA;
NR-06	Equipamentos de Proteção Individual – EPI;
NR-07	Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional – PCMSO;
NR-08	Edificações;
NR-09	Programa de Prevenção de Riscos Ambientais – PPRA;
NR-10	Instalações e Serviços de Eletricidade;
NR-11	Transporte, Movimentação, Armazenagem e Manuseio de Materiais;
NR-12	Máquinas e Equipamentos;
NR-13	Vasos sob Pressão;

Tabela 1 – Normas Regulamentadoras.

(conclusão)

Norma Regulamentadora	Assunto
NR-14	Fornos;
NR-15	Atividades e Operações insalubres;
NR-16	Periculosidade;
NR-17	Ergonomia;
NR-18	Obras de Construção, Demolição e Reparos;
NR-19	Explosivos;
NR-20	Líquidos Inflamáveis;
NR-21	Trabalhos a Céu Aberto;
NR-22	Trabalhos Subterrâneos;
NR-23	Proteção Contra Incêndios;
NR-24	Condições e Instalações sanitárias;
NR-25	Resíduos Industriais;
NR-26	Sinalização de Segurança;
NR-27	Registro de Profissionais;
NR-28	Fiscalizações e Penalidades;
NR-29	Segurança e Saúde no Trabalho Portuário;
NR-30	Segurança e Saúde no Serviço Aquaviário;
NR-31	Segurança e Saúde no Trabalho na Agricultura, Pecuária, Silvicultura, Exploração Florestal e Aquicultura;
NR-32	Segurança e Saúde no Trabalho em Serviços de Saúde;
NR-33	Segurança e Saúde no Trabalho em Espaços Confinados;
NR-34	Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção e Reparação Naval;
NR-35	Trabalho em Altura;
NR-36	Segurança e Saúde no Trabalho em Empresas de Abate e Processamento de Carnes e Derivados.

Fonte: BRASIL (1978).

O conhecimento dessas normas tornou-se uma ferramenta importantíssima para o profissional da Higiene Ocupacional, Segurança do Trabalho e Saúde Ocupacional. (ROJAS, 2015)

2.2.3.1 NR-15: Atividades e Operações Insalubres

Segundo o artigo 189 da CLT (Consolidação das Leis do Trabalho), uma atividade ou operação é considerada insalubre quando o empregado é exposto à agentes nocivos a sua saúde, num limite acima do tolerado. Esses limites são estipulados com base na natureza, intensidade e tempo de exposição do empregado ao agente que pode ser físico, químico e biológico. (BRASIL, 1977)

Assim, estabeleceu-se, no artigo 190 da CLT, a norma das atividades e operações insalubres, a qual se encontra no Anexo B do trabalho; bem como aprovou por meio de quadros, os limites de tolerância dos agentes citados, juntamente com as medidas de proteção e o tempo máximo de exposição aceitável para que o empregado não venha a desenvolver uma doença ocupacional. (SALIBA; CORRÊA, 2015)

Tais quadros foram regulamentados na NR-15, da Portaria nº 3.214/1978, do Ministério do Trabalho, em forma de anexos. No que diz respeito aos agentes químicos, a norma avalia: Agentes Químicos cuja Insalubridade é Caracterizada por Limite de Tolerância e Inspeção no Local de Trabalho; Limites de Tolerância para Poeiras Mineraias; Agentes Químicos; e Benzeno. (BRASIL, 1978)

Assim, trabalhadores que desempenham sua função sob condição insalubre recebem um adicional no salário. (BRASIL, 1978)

2.2.3.2 Limites de Exposição da ACGIH

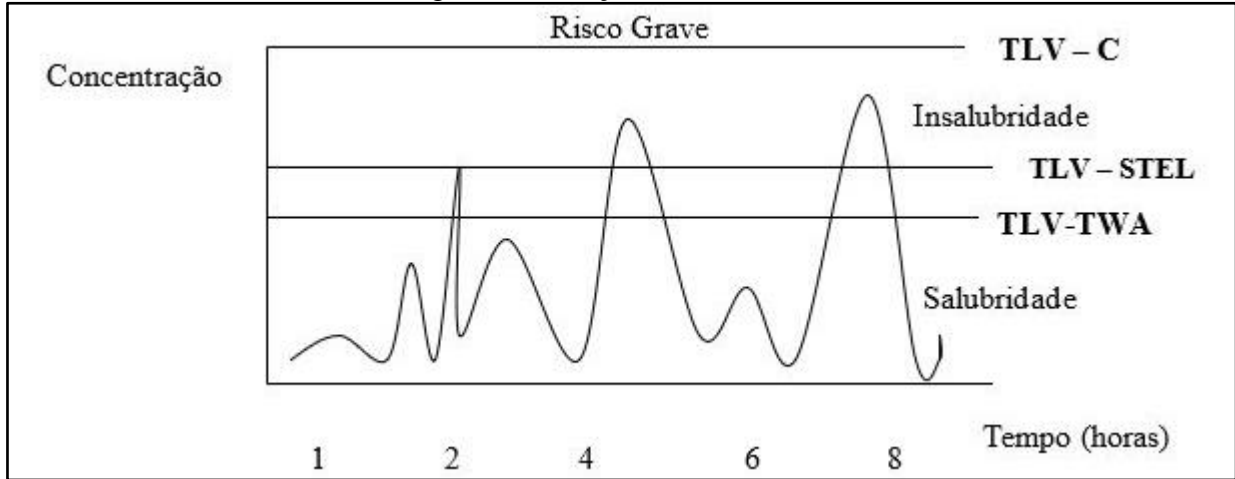
Apesar dos vários anexos, nem sempre os resultados das avaliações de exposição aos agentes químicos estão contemplados na NR-15. Assim, conforme diz o item 9.3.5.1.c da NR-09, em casos de ultrapassagem dos valores de limites informados na NR-15, ou na ausência desses valores de limites de exposição, é necessário recorrer à *American Conference of Governmental Industrial Hygienists* (ACGIH). (BRASIL, 1994)

A ACGIH é uma instituição americana não governamental, composta por higienistas ocupacionais e profissionais da área de saúde e segurança ocupacional. É responsável por publicação de dados na literatura científica, como guias de orientação, sendo o *Threshold Limit Values* (TLVs, em português “Limites de Exposição Ocupacional”) utilizado na avaliação dos níveis de exposição de agentes químicos e físicos no ambiente de trabalho. (ACGIH, 2017)

Existem tipos de TLVs empregados nas avaliações ocupacionais conforme mostra a Figura 1, sendo os mais utilizados:

- TLV–TWA (*Time Weight Average*, em português “Média Ponderada pelo Tempo”): consiste na concentração média ponderada no tempo de exposição, para uma jornada de trabalho de 8h/dia e 40h/semana, no qual grande parte dos trabalhadores possa se expor repetidamente, sem sofrer efeitos nocivos à saúde. (ACGIH, 2017)
- TLV–STEL (*Short Time Exposure Limit*, em português “Exposição de Curta Duração”): consiste na concentração média ponderada num tempo de exposição curto, sem apresentar efeitos adversos como irritação, lesão tissular crônica ou irreversível, efeitos tóxicos e narcose. O tempo máximo de exposição considerado no STEL é de 15 minutos, podendo se repetir no máximo quatro vezes durante a jornada de trabalho, com um intervalo entre eles de ao menos 60 minutos. O TLV – TWA diário não deve ser excedido. (ACGIH, 2017)
- TLV–C (*Ceiling*, em português “Valor Teto”): consiste na concentração máxima permitida, que não deve ser ultrapassada em nenhum momento da jornada de trabalho. Indica-se o uso deste limite para agentes químicos de alta toxicidade e baixo limite de exposição. (ACGIH, 2017)

Figura 1 - Relação entre os TLVs.



Fonte: Enesens (2015).

2.2.3.3 Análise Estatística dos Limites de Exposição

Segundo item 9.3.6.1 da NR-09, considera-se nível de ação o valor que deve iniciar ações preventivas para evitar que a exposição ao agente (no caso, agente químico) exceda o valor do limite de tolerância. Assim, para os agentes químicos, considera-se o nível de ação igual a metade do limite de exposição. (BRASIL, 1994; CARVALHO, 2018)

Porém, para que seja possível garantir que não mais que 5% das exposições não avaliadas ultrapassem o limite de tolerância, ou seja, os dados tenham alta confiabilidade (95%), recomenda-se que o nível de ação seja reduzido quanto maior for o desvio padrão geométrico (DPG). (CARVALHO, 2018)

O DPG é calculado pelo desvio padrão e o logaritmo neperiano das concentrações obtidas, como mostra a Equação 01:

$$DPG = \exp(DPY) = e^{DPY} \quad (01)$$

, onde: $DPY = DP(\ln C_i)$.

2.2.4 Normas de Higiene Ocupacional

Em 1980, foi criada pela FUNDACENTRO as Normas de Higiene do Trabalho (NHT), hoje conhecidas como Normas de Higiene Ocupacional (NHO), como forma de complementar as Normas Regulamentadoras, através de parâmetros a serem utilizados nas análises dos riscos ocupacionais e seus tratamentos e métodos de controle. (FUNDACENTRO, 2018) São elas apresentadas na Tabela 2 abaixo:

Tabela 2 - Normas de Higiene Ocupacional.

(continua)

Normas de Higiene Ocupacional	Assunto
NHO-01	Procedimento Técnico - Avaliação da Exposição Ocupacional ao Ruído;
NHO-02	Análise Qualitativa da Fração Volátil em Colas, Tintas e Vernizes;
NHO-03	Método de Ensaio: Análise Gravimétrica de Aerodispersóides Sólidos Coletados Sobre Filtros e Membrana;
NHO-04	Método de Coleta e a Análise de Fibras em Locais de Trabalho;
NHO-05	Avaliação da Exposição Ocupacional aos Raios X nos Serviços de Radiologia;
NHO-06	Procedimento Técnico - Avaliação da Exposição Ocupacional ao Calor;
NHO-07	Calibração de Bombas de Amostragem Individual pelo Método de Bolha de Sabão;
NHO-08	Coleta de Material Particulado Sólido Suspenso no Ar de Ambientes de Trabalho;
NHO-09	Critérios e Procedimentos para Avaliação da Exposição Ocupacional a Vibrações de Corpo Inteiro;
NHO-10	Critérios e Procedimentos para Avaliação da Exposição Ocupacional a Vibrações de Braços e Mãos.

Fonte: FUNDACENTRO (2018).

2.3 PROGRAMA DE PREVENÇÃO DE RISCOS AMBIENTAIS

O Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA) foi criado em 1978, pela Portaria GM nº 3.214 do Ministério do Trabalho, de 08 de julho de 1978, sendo normalizado segundo a NR-09 da Secretaria de Segurança e Saúde do Trabalho. (BRASIL, 1978; ROJAS, 2015)

Este programa ganhou obrigatoriedade em 1985, na Convenção nº 161/85 da OIT (Organização Internacional do Trabalho), passando também por atualizações em sua publicação pela Portaria SSST nº 25, de 29 de dezembro de 1994. (BRASIL, 1994)

Segundo o item 9.1 da NR-09, é obrigatório a todas as empresas e instituições a elaboração e implementação do PPRA, como uma forma de prevenção de riscos à saúde e integridade dos seus funcionários (conforme disposto no Anexo A). (BRASIL, 1978)

O desenvolvimento do PPRA depende não só do empregador, e sim, da colaboração de todos os trabalhadores, uma vez que é realizado em todo o estabelecimento da empresa que apresenta ou pode apresentar algum tipo de risco ocupacional, sendo articulado com outras NRs. (BRASIL, 1978; ROCHA, 2013)

A NR-09 dispõe os parâmetros que devem ser analisados no PPRA, levando em conta os riscos ambientais provenientes de agentes físicos, químicos e biológicos que pode gerar algum tipo de dano ao funcionário. (MIRANDA; DIAS, 2004)

2.3.1 Agentes Físicos

Os agentes físicos são aqueles tipos de energia presentes no ambiente de trabalho que pode acarretar riscos à saúde. São considerados agentes físicos (BRASIL, 1978):

- a) Ruído: proveniente de máquinas e equipamentos com níveis altos de ruído, que a curto, médio ou longo prazo provoca danos à saúde. A exposição a este agente deve variar conforme o nível do ruído, por exemplo: 85 decibéis (dB) em tempo máximo de exposição diária permissível de 8 horas; e os danos à saúde podem aparecer de forma imediata ou gradual, dependendo da sensibilidade de cada funcionário.
- b) Vibrações: proveniente de máquinas e equipamentos, podendo ser localizadas (como é o caso de uma ferramenta manual), ou generalizadas (como máquinas grandes). A fim de reduzir a exposição a este agente, deve-se fazer o revezamento dos trabalhadores.

- c) Pressões anormais: pressões consideradas fora do parâmetro normal considerado, que é o da pressão atmosférica, podendo ser acima ou abaixo dela.
- d) Temperaturas extremas: temperaturas do ambiente quentes ou frias, que sob ação prolongada ou excessiva, pode gerar diferentes efeitos na saúde do funcionário exposto, como desidratação, insolação, em caso de local quente; e rachaduras na pele, doenças nas vias respiratórias, em local frio.
- e) Radiações: energia transmitida por ondas eletromagnéticas, sendo classificadas como ionizantes e não-ionizantes, que geram vários tipos de lesões, sendo algumas delas, irreversíveis, como a cegueira.
- f) Umidades extremas: geradas por locais alagados ou encharcados, que elevam a umidade, podendo gerar problemas e saúde e riscos de acidentes de trabalho, como risco de queda e choque elétrico.

2.3.2 Agentes Biológicos

Considera-se agentes biológicos as bactérias, fungos, bacilos, parasitas, protozoários e vírus, capazes de gerar algum tipo de dano à saúde do trabalhador. Dependendo da atividade, a exposição a estes agentes pode ser maior, em circunstância ao meio de trabalho favorecer o desenvolvimento destes microrganismos, como em indústria alimentícia, ambiente hospitalar, coleta de lixo, laboratório, entre outros. (BRASIL, 1978)

Dentre as doenças provocadas, pode-se citar: tuberculose, malária, febre amarela, infecções. No caso de laboratórios, os riscos associam-se à manipulação de agentes patogênicos, amostras biológicas, meios de cultura e manipulação e animais, gerando fonte de contaminação aos trabalhadores. As principais vias para o risco biológico são a dérmica, que pode ser cutânea ou percutânea, com ou sem lesão; a respiratória; a conjuntiva e a oral. (BRASIL, 1978; GALON, T.; PALUCCI MARZIALE, M. H.; SOUZA, W. L de, 2011)

2.3.3 Agentes Químicos

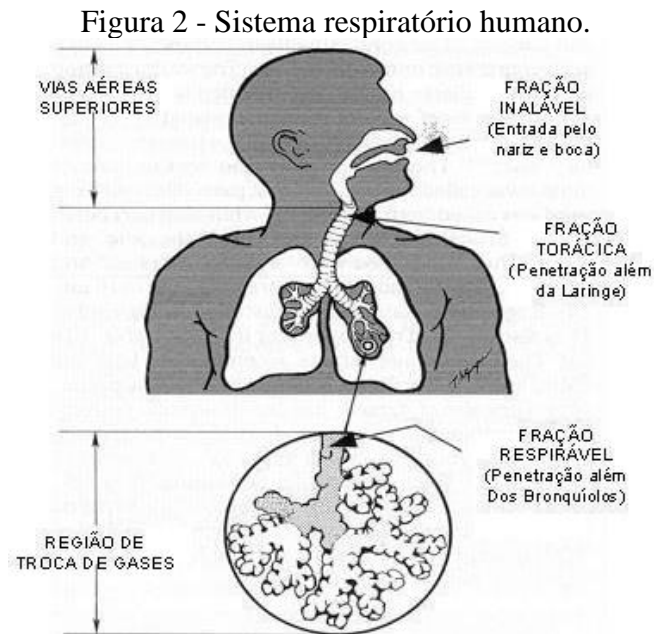
Os agentes químicos são aquelas substâncias, compostos ou produtos que possam contaminar o organismo e gerar algum impacto negativo à saúde do trabalhador exposto. Eles

podem estar presentes no ambiente de trabalho na forma de sólidos, líquidos ou gás. Consideram as seguintes formas de entrada: via dérmica, pela absorção dos químicos na pele; via oral, pela ingestão; e via inalatória, pela respiração. Para este último caso, os agentes podem ser encontrados na forma de poeiras, fumos, névoas, neblinas, gases ou vapores, sendo estes avaliados no presente trabalho. (BRASIL, 1978; BARSANO; BARBOSA, 2018)

2.3.4 Material Particulado

São partículas sólidas que ficam suspensas no ar e resultantes da quebra de material sólido. Podem receber diferentes classificações de acordo com seu diâmetro, influenciando na toxicidade da partícula, conforme descrito abaixo e evidenciado na Figura 2. (FUNDACENTRO, 2009)

- a) Particulado inalável: corresponde às partículas que ficam suspensas no ar com diâmetro menor que 100 μm . São capazes de entrar pelas narinas e boca, indo para o trato respiratório. Fazem parte da avaliação de risco ocupacional quando existem partículas que oferecem efeito adverso quando depositadas no trato respiratório como um todo. (FUNDACENTRO, 2009)
- b) Particulado torácico: corresponde às partículas que ficam suspensas no ar com diâmetro menor que 25 μm . São capazes de passar pela laringe, entrar pelas vias aéreas superiores e nas vias aéreas dos pulmões. Estão associados às partículas que possuem efeito adverso quando depositadas nas regiões traqueobronquial e de troca de gases. (FUNDACENTRO, 2009)
- c) Particulado respirável: corresponde às partículas que ficam suspensas no ar com diâmetro menor que 10 μm . São capazes de passar pelos bronquíolos terminais e permanecer na região de troca de gases dos pulmões. (FUNDACENTRO, 2009)
- d) Particulado total: corresponde a todo material particulado presente no ar. Ele é coletado por um porta-filtro chamado de cassete e só deve ser utilizado quando não tiver indicação específica para o tipo de material particulado (inalável, torácico ou respirável). (FUNDACENTRO, 2009)



Fonte: LIPPMANN, 1989.

2.3.4.1 Fumos

São partículas sólidas resultantes da condensação de vapores metálicos, como por exemplo, fumos provenientes de zinco, magnésio, cobre, cádmio, chumbo, entre outros. São comuns em atividades metalúrgicas, de soldas, galvanização e reciclagem de sucata metálica. O tamanho das partículas, que pode variar entre abaixo de 0,01 a 1 μm de diâmetro; está diretamente ligado à toxicidade do fumo, pois quanto menor a partícula, maior o perigo à saúde do trabalhador. (ANSCHAU, 2010; SENAI, 2015)

De acordo com o tamanho da partícula do fumo pode-se determinar o impacto ao sistema respiratório. Quando em diâmetro maior que 5 μm , as partículas ficam depositadas no trato respiratório superior. Já entre 0,1 a 5 μm , as partículas entram na parte interna dos pulmões, na região de troca de gases (alvéolos), onde ficam depositadas, podendo ir para a corrente sanguínea. Dentre as doenças ocasionadas pela exposição aos fumos, pode-se citar, doenças pulmonares, febre dos fumos metálicos e intoxicações. (ANSCHAU, 2010)

2.3.4.2 Poeiras

São partículas sólidas com diâmetro maior que 1 mm, resultantes da quebra de partículas maiores. Podem ser de origem mineral, decorrentes de atividades de perfurações, extração mineral, explosões, como por exemplo, sílica e carvão mineral; de origem vegetal, presentes em atividades rurais, de campo, como o algodão e bagaço de cana-de-açúcar; de origem alcalina, como calcário; ou de origem metálica, presentes em atividades com metais, como em casos de lixamento. Como os fumos, as poeiras afetam o sistema respiratório, podendo causar silicose, asbestose, pneumoconiose, enfisema pulmonar, berrinose, bagaçose, até mesmo, câncer. (SENAI, 2015)

2.3.4.3 Névoas

São partículas líquidas resultantes da condensação de vapores ou dispersão mecânica de líquidos. Como exemplo de atividade que gera névoa, temos a pintura a revólver e processos de lubrificação, que podem afetar principalmente as vias respiratórias. (ROCHA, 2017; SENAI, 2015)

2.3.4.4 Vapores

São dispersões de moléculas no ar que podem condensar e formar líquidos ou sólidos em condições normais de temperatura e pressão, como nafta, naftalina, gasolina, acetona. Os vapores são classificados de acordo com sua propriedade química, podendo ser: orgânicos, ácidos, alcalinos ou inertes. Os vapores podem ter efeitos irritantes nas vias respiratórias, resultando em rinite, faringite, laringite, tosse, dores no peito, bronquite, edema pulmonar, derrame pleural, entre outros. (SENAI, 2015)

2.3.5 Desenvolvimento do PPRA

Conforme itens 9.2 e 9.3 da NR-09, fica determinado que deverá ser realizado a análise global do PPRA sempre que necessário e pelo menos uma vez por ano, a fim de que seja feita a avaliação do desenvolvimento, realização de ajustes e estabelecimento de novas metas e prioridades.

A estrutura dessa avaliação deve seguir no mínimo a seguinte (BRASIL, 1978):

- a) Planejamento anual com estabelecimento de metas, prioridades e cronograma;
- b) Estratégia e metodologia de ação;
- c) Forma do registro, manutenção e divulgação dos dados;
- d) Periodicidade e forma de avaliação do desenvolvimento do PPRA.

Seu desenvolvimento deve conter as etapas descritas também em norma, como descrito abaixo, podendo serem feitas pelo Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho (SESMT) ou uma pessoa ou equipe capacitada a desenvolver o Programa segunda a NR-09 (BRASIL, 1978):

- a) Antecipação dos riscos: identificar projetos, métodos ou processos, ou alguma alteração dos existentes, que apresentam riscos potenciais ao trabalhador e adotar medidas de proteção que eliminem ou pelo menos reduzem tais riscos;
- b) Reconhecimento dos riscos: corresponde a um mapeamento de todos os pontos que apresentam um risco ambiental. Nesta etapa é feita a identificação do risco, das possíveis fontes geradoras, das possíveis trajetórias e meios de propagação dos agentes; identificação do posto, função/cargo, quantidade de funcionários expostos e do tipo de exposição; coleta de dados da empresa; identificação por meio de literaturas de possíveis danos à saúde por conta dos riscos ambientais; e descrição das medidas de controle já adotadas na empresa, como uso de Equipamento de Proteção Individual (EPI), Equipamento de Proteção Coletiva (EPC);
- c) Avaliação dos riscos e da exposição dos trabalhadores: feito a análise qualitativa que corresponde à coleta de dados, faz-se a avaliação quantitativa sempre que necessário, em que se comprova a exposição ao risco ou inexistência, dimensiona-se a exposição dos trabalhadores e subsidia-se o equacionamento das medidas de controle;
- d) Implantação de medidas de controle e avaliação de sua eficácia: adoção das medidas de controle (exemplo: EPI, EPC) quando identificado um risco potencial, comprovado um risco ambiental evidente, quando na análise quantitativa verificar um resultado acima dos parâmetros exercidos pela NR-15 (Insalubridade) ou ACGIH, e/ou ao verificar pelo controle médico este é o agente causador de danos à saúde do funcionário, tudo isso para eliminar, reduzir ou pelo menos, controlar os riscos do trabalho. Além disso, o

PPRA deve determinar formas de avaliar a eficácia, considerando os resultados das análises e o controle médico;

- e) Monitoramento da exposição aos riscos: deve-se monitorar a exposição e medidas de controle ativos, a fim de implementar, complementar ou modificar alguma dessas ações;
- f) Registro e divulgação dos dados: os funcionários deverão receber as informações sobre os riscos que podem surgir no ambiente de trabalho onde estão inseridos, bem como as medidas de proteção disponíveis. Os dados deverão ser mantidos na empresa, por no mínimo 20 anos, para servir como histórico, devendo estar disponível a todos da empresa.

2.4 PLANEJAMENTO DO PPRA

Para o desenvolvimento do PPRA é necessário planejar a coletas das amostras, pontuando os setores e locais de trabalho que sejam avaliados, tipos de coletas, tempo de coleta, quantidade de funcionários que serão submetidos às amostragens, tipos de amostras, equipamentos e materiais envolvidos, além de determinar o laboratório responsável pela realização das análises.

2.4.1 Tipo de Coleta

Existem dois tipos de coletas, sendo elas apresentadas abaixo:

2.4.1.1 Coleta Individual

A coleta individual, também conhecida como pessoal consiste naquela em que o sistema de coleta é anexado no funcionário, em que o amostrador deve permanecer na altura da zona respiratória, usando durante seu período de trabalho.

2.4.1.2 Coleta Ambiente

A coleta ambiente, ou estática, é aquela em que o amostrador é posicionado em um local fixo, a fim de coletar o ar ambiente da zona de respiração dos funcionários. Pode ser usado como uma forma de validar a eficácia das medidas de proteção e controle dos riscos.

2.4.2 Tempo de Amostragem

O tempo de amostragem é a duração da coleta do agente químico, como forma de avaliar um volume de ar aceitável e assim, obter uma quantidade de analito correspondente à exposição do trabalhador durante sua jornada de trabalho. (FUNDACENTRO, 2009)

2.4.3 Grupo Homogêneo de Exposição (GHE)

O Grupo Homogêneo de Exposição (GHE) corresponde à formação de grupos de funcionários que possuem exposições semelhantes no dia-a-dia de trabalho. A partir da formação destes grupos, é possível escolher um funcionário aleatoriamente para realizar as avaliações de higiene ocupacional, de tal forma que o resultado obtido poderá representar a exposição de todos os trabalhadores que compõem o mesmo grupo descrito. Tal conceito, faz parte de uma Estratégia de Amostragem (EAM) levantada pela *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH), em 1977, que tornou a avaliação mais viável às empresas, por conta da redução de amostras e conseqüentemente, redução de custos. (SALIBA FILHO; FANTAZZINI, 2010; LEIDEL; BUSCH; LYNCH, 1977)

Uma vez que o resultado obtido pelo funcionário escolhido pode ser diferente dos demais do grupo, pode-se dizer que há uma variabilidade entre o GHE. Assim, deve-se considerar a distribuição desses resultados, que normalmente se dá de forma lognormal de médias de exposição individual, abrangendo um *range* maior de valores. (LEIDEL; BUSCH; LYNCH, 1977)

2.4.4 Tipos de Amostras

Segundo a FUNDACENTRO, existem três tipos de amostras consideradas para a avaliação: (FUNDACENTRO, 2009; LEIDEL; BUSCH; LYNCH, 1977)

- a) Amostra única de período completo: consiste na amostragem de ar feita de uma só vez, cobrindo o correspondente a uma jornada diária de trabalho completa.
- b) Amostras consecutivas de período completo: quando várias amostragens são feitas, em que o somatório do período de todas as coletas deve equivaler a uma jornada diária de trabalho completa.
- c) Amostras de período parcial: neste tipo de amostra, a amostragem pode ser feita uma única vez continuamente ou várias vezes com período igual ou diferente, em que o tempo total de coleta deve consistir em, pelo menos, 70% da jornada diária.

2.4.5 Equipamentos e Materiais de Amostragem dos Agentes Químicos

Para o estudo da qualidade do ar são necessários alguns equipamentos para a coleta das amostras de agentes químicos, como citados a seguir:

2.4.5.1 Bomba de Amostragem

A bomba de amostragem gravimétrica que foi usada para a avaliação corresponde ao modelo BDXII Abatement Air Sampler, conforme Figura 3 abaixo. É um instrumento portátil e leve, que realiza a coleta dos agentes químicos presentes no ar, através de uma vazão constante, de acordo com o fluxo ajustado, que deve ir até 6,0 L/min. A bomba deve ser calibrada todos os dias, antes e após a coleta das amostras. Para isso, é necessário verificar se o instrumento está devidamente carregado e assim, montá-lo com a mangueira tipo Tygon® e o suporte do filtro, chamado de cassete. (FUNDACENTRO, 2009; SENSIDYNE, 2019)

Figura 3 - Bomba de amostragem BDXII Abatement Air Sampler.



Fonte: Própria.

2.4.5.2 Cassete

O cassete, mostrado na Figura 4, corresponde a uma peça feita de poliestireno, com 37 mm de diâmetro, face fechada e orifício para a passagem de ar de 4 mm de diâmetro. Nele, é armazenado o filtro, de fibra de vidro ou de Ésteres de Celulose Mistos (MCE), onde ficará retido o agente químico em análise, presente no ar. (FUNDACENTRO, 2009; SENSIDYNE, 2019)

Figura 4 – Cassete.



Fonte: Própria.

2.4.5.3 Amostrador IOM

Existem separadores de partículas para amostragem de material particulado inalável, torácico e respirável. O amostrador IOM, como mostra a Figura 5, foi assim patenteado por ter sido

criado no *Institute of Occupational Medicine* (IOM), na Escócia. Segundo ACGIH, é utilizado para amostragem de partículas inaláveis, ou seja, partículas com diâmetro aerodinâmico de até 100 μm que podem penetrar em qualquer local do trato respiratório. (FASTER, 2016; FUNDACENTRO, 2009)

Figura 5 - Amostrador IOM.



Fonte: Própria.

Ele pode ser fabricado em modelos diferentes que são: em plástico condutivo, comumente utilizado, é feito de polipropileno com tratamento para eliminar a carga eletrostática durante a amostragem; e em aço inoxidável, utilizado quando é necessário esterilizar o material em autoclave após a coleta, devido presença de contaminantes. A Figura 6 ilustra a forma de montagem do Amostrador IOM. (FASTER, 2016)

Figura 6 - Montagem do Amostrador IOM.



Fonte: CTISM (2013).

2.4.5.4 Calibrador de Amostragem

Para a avaliação dos agentes químicos, é necessário calibrar o sistema de amostragem, utilizando o calibrador Gilian Gilibrator 2, apresentado na Figura 7, que possui um sistema de fácil calibração da vazão da bomba de amostragem, de forma eletrônica, mostrando o fluxo de ar instantâneo. (SENSIDYNE, 2019)

O método de calibração está contido na Norma de Higiene Ocupacional (NHO) 07, sendo chamado de método de bolha de sabão. Consiste numa padronização de calibração da vazão do ar da bomba, que deve ser de forma constante. Este método é bastante empregado, uma vez que muitas avaliações de agentes químicos, são realizadas utilizando bombas de amostragem. (FUNDACENTRO, 2002)

O fluxo de ar consiste no volume dividido por um intervalo de tempo. No calibrador, o volume é igual ao volume existente no espaço entre os dois sensores infravermelhos. Já o tempo é o intervalo que leva para que um corpo (neste caso, uma bolha de filme de sabão) percorra entre esses dois sensores. Tendo essas duas variáveis, encontra-se a taxa de fluxo que é informado no visor de cristal líquido do equipamento. (SENSIDYNE, 2019)

Figura 7 - Calibrador Gilian Gilibrator-2.



Fonte: SENSIDYNE (2019).

2.4.5.5 Termo-Higro-Anemômetro-Luxímetro Digital Portátil

Foi utilizado o modelo THAL-300, da Instrutherm, mostrado na Figura 8, com quatro funções: anemômetro, que é o instrumento para medição da velocidade de um fluido, neste caso, do ar; higrômetro, que é um analisador de umidade; termômetro, instrumento para medir a temperatura do ambiente; e luxímetro, que faz a medição da luminosidade. (INSTRUTHERM, 2010)

Para esta avaliação é necessário a aferição da temperatura e umidade, uma vez que as condições climáticas influenciam na qualidade do ar. Estudos já apontaram variações na concentração de poluentes de acordo com mudanças meteorológicas, como no trabalho de Carvalho et al. (2004), que fez estudo sobre o ozônio. Assim, conhecer as condições meteorológicas, ajuda a avaliar a melhor forma de controle da poluição química no ar. (CARVALHO et al., 2004; SANTOS; CARVALHO; REBOITA, 2016)

Figura 8 - Termo-higro-anemômetro-luxímetro



Fonte: INSTRUTHERM (2019).

2.4.5.6 Analisador de Gases Portátil

O analisador de gases portátil consiste em um equipamento ambiental de emissões e processos industriais. É possível monitorar diversos tipos de gases e combustíveis, por meio de seus sensores. Para o presente trabalho, utilizou-se o modelo Optima 7, da marca MRU, conforme Figura 9.

Figura 9 - Detector de Gases Portátil.



Fonte: MRU (2019).

2.4.6 Laboratório de Análise

A coleta e análises das concentrações dos agentes químicos adsorvidos nos filtros das amostras são feitas por um laboratório credenciado. Os métodos analíticos utilizados para quantificar a concentração do analito são definidos após determinação dos químicos avaliados, uma vez que variam de acordo com o tipo de agente, podendo ser feito através de cromatografia em fase gasosa com detector de ionização de chamas, difração de raios-X, cromatografia de íons, cromatografia líquida de alta resolução (HPLC), espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES), gravimetria, espectrofotometria de absorção atômica, espectrofotometria de absorção no visível. (FUNDACENTRO, 2009)

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A análise foi realizada numa indústria metalúrgica do PIM, verificando os agentes químicos: fumos metálicos, óleo mineral e gases monóxido e dióxido de carbono. A metodologia aplicada no PPRA consistiu em duas etapas: a Avaliação Qualitativa e a Avaliação Quantitativa, seguindo as normas vigentes. (BRASIL, 1978)

3.1 MATERIAIS

Neste estudo foram utilizados os seguintes materiais para a avaliação da presença dos agentes químicos na indústria.

3.1.1 Avaliação de Fumos Metálicos

Para a coleta das amostras de fumos metálicos foram utilizados:

- 1 Calibrador de amostragem marca Sensidyne, modelo Gilibrator 2;
- 1 Termo-higro-anemômetro-luxímetro digital portátil marca Instrutherm, modelo THAL-300;
- 5 Bombas de amostragem individual marca Sensidyne, modelo BDXII;
- 5 Filtros de Ésteres de Celulose Mistos (MCE);
- 5 Cassetes;
- 5 Mangueiras tipo Tygon®.

Para a análise da concentração de fumos metálicos foram utilizados os seguintes materiais:

- 1 Pinça;
- 1 Béquer de 25 mL;
- 1 Pipeta graduada de 20 mL;
- 1 Balão volumétrico 50 mL;
- 1 Chapa aquecedora marca Ika, modelo C-MAG HS7;
- 1 Espectrômetro de absorção atômica marca PG Instruments, modelo AA 990F;
- Água destilada;

- Ácido nítrico (HNO_3);
- Ácido sulfúrico (H_2SO_4).

3.1.2 Avaliação de Óleo Mineral

Para a coleta das amostras de óleo mineral foram utilizados os materiais:

- 1 Calibrador de amostragem marca Sensidyne, modelo Gilibrator 2;
- 1 Termo-higro-anemômetro-luxímetro digital portátil marca Instrutherm, modelo THAL-300;
- 5 Bombas de amostragem individual marca Sensidyne, modelo BDXII;
- 5 Filtros de fibra de vidro;
- 5 Cassetes;
- 5 Amostradores IOM;
- 5 Mangueiras tipo Tygon[®].

Para a análise da concentração de óleo mineral foram utilizados os seguintes materiais:

- 1 Pinça;
- 1 Balão volumétrico de 10 mL;
- 1 Espectrofotômetro de infravermelho marca Varian, modelo 640-IR;
- Óleo mineral;
- Tetracloreto de carbono (CCl_4).

3.1.3 Avaliação de Gases

Para a análise da concentração de monóxido e dióxido de carbono foi utilizado o seguinte equipamento:

- 1 Analisador de gases portátil marca MRU, modelo Optima 7.

3.2 AVALIAÇÃO QUALITATIVA

A Avaliação Qualitativa para desenvolvimento do PPRA consistiu no levantamento de informações sobre o ambiente de trabalho no que diz respeito aos agentes de risco e funcionários expostos.

3.2.1 Descrição do Ambiente de Trabalho

Nesta etapa preliminar foi feita a identificação de todas as informações necessárias para a execução da avaliação quantitativa. São elas:

3.2.1.1 Caracterização do Ambiente de Trabalho

Estudou-se o setor a ser avaliado, listando os locais das fontes de risco, postos de trabalho. Assim, no que se refere ao ambiente, escolheu-se o setor de injeção, visto que é um dos setores com maior incidência de agentes químicos. Dentro deste setor, escolheu-se o posto de trabalho das máquinas injetoras.

3.2.1.2 Caracterização dos Colaboradores

Foi feita a identificação dos cargos/funções dos colaboradores, os locais de trabalho e as atividades executadas por eles. Para este estudo, submeteu-se às avaliações os colaboradores com cargo de operador.

3.2.1.3 Caracterização dos Agentes de Riscos

Tendo como foco do trabalho apenas os riscos químicos, foram levantadas as substâncias e componentes químicos considerados perigosos à saúde do colaborador exposto a eles durante a execução das suas atividades dentro da empresa. Nesta avaliação, considerou-se os fumos metálicos, pois o processo consiste na injeção de liga metálica; óleo mineral, presente em

desmoldantes utilizados no processo produtivo, e os gases monóxido de carbono e dióxido de carbono, devido os óleos que sofrem aquecimento.

3.2.1.4 Desenvolvimento do Grupo Homogêneo de Exposição (GHE)

Após coleta de dados do setor, estabeleceu-se o GHE, que consiste no Grupo Homogêneo de Exposição. Assim, visto que para este setor de injeção, os colaboradores expostos consistem em operadores, escolheu-se aleatoriamente 5 funcionários para se submeterem às amostragens de fumos metálicos e óleo mineral.

3.3 AVALIAÇÃO QUANTITATIVA

A Avaliação Quantitativa correspondeu à coleta dos agentes químicos no setor de injeção e a obtenção dos resultados das concentrações das amostras no laboratório especializado.

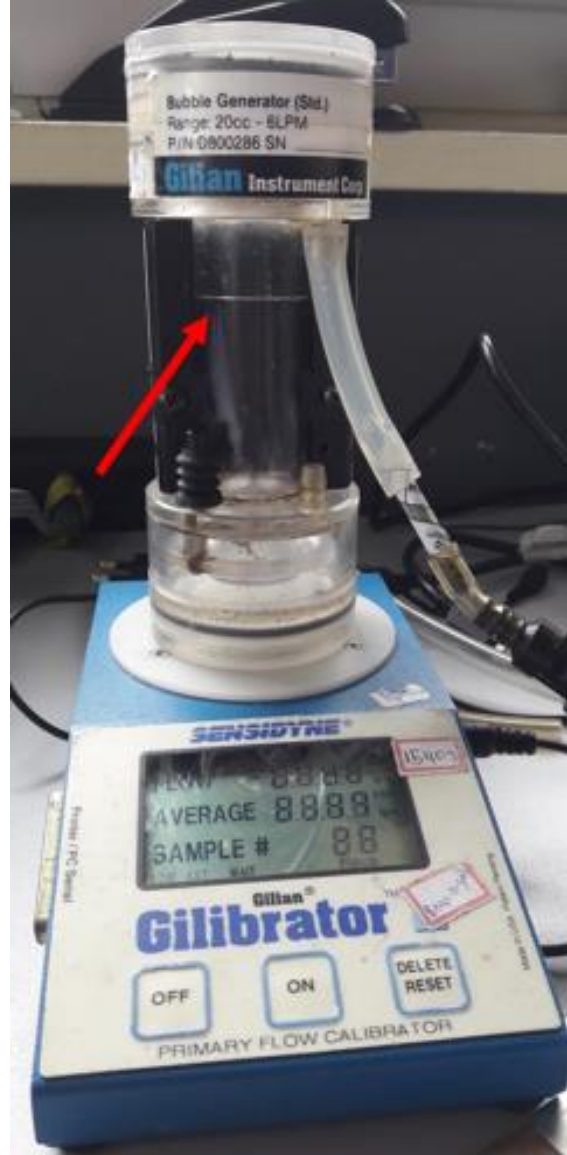
3.3.1 Calibração das Bombas de Amostragem

Realizou-se todos os dias dentro da própria empresa, a calibração de todas as bombas de amostragem antes e depois das coletas dos agentes químicos. Para isso, utilizou-se um calibrador digital, que faz uso do método da bolha de sabão para padronizar a vazão das bombas. (FUNDACENTRO, 2002)

Primeiramente, montou-se a bomba de amostragem com a mangueira e a ligou. Em seguida, conectou-se a outra extremidade da mangueira no calibrador já com sabão. Ao acionar o botão do calibrador, formou-se uma bolha passando por sua célula, que consiste numa espécie de bureta. Através de seus sensores foi calculado a vazão da bomba de forma automática pelo equipamento. Quando a vazão não atingia o padrão esperado, era necessário fazer o ajuste da vazão na bomba e repetir o processo de medição. (SENSIDYNE, 2018)

Foi necessário fazer a aferição da vazão da bomba antes e depois da coleta dos agentes químicos pelo equipamento, para calcular a vazão média, que ao final levará ao cálculo de concentração dos agentes químicos expostos. A Figura 10, mostra o calibrador utilizado e a bolha de sabão sendo percorrida no tubo, indicada pela seta vermelha.

Figura 10 – Calibração no equipamento Gilibrator-2.



Fonte: Própria.

3.3.2 Coleta das Amostras por Gravimetria

A seguir, serão apresentadas as metodologias das avaliações de fumos metálicos e óleo mineral. Em síntese, foi necessário fazer a calibração da bomba, montagem do amostrador, que pode variar de acordo com a substância analisada, coleta do material e em seguida, análise no laboratório, utilizando técnicas que também se diferenciam dependendo do agente. (FUNDACENTRO, 2009)

Assim, o sistema montado foi posicionado no colaborador em avaliação de forma que a bomba foi presa na cintura e o amostrador próximo à altura da zona respiratória, como forma de simular a exposição do trabalhador ao agente químico. (FUNDACENTRO, 2009)

3.3.4.1 Análise Quantitativa de Fumos Metálicos

Para análise de fumos metálicos, utilizou-se o Método 7303, estabelecido pela NIOSH.

a) Amostragem:

- Primeiramente, calibrou-se a bomba de amostragem marca Sensidyne, modelo BDXII, com escala de fluxo de 0 a 3,0 L/min, pelo Método de Bolha de Sabão utilizando o calibrador de vazão da marca Sensidyne, modelo Gilibrator 2, com escala de medição de 1 cm³/min a 30 L/min, precisão volumétrica menor que 1,0% e display de cristal líquido.
- Estabeleceu-se uma taxa de fluxo a uma faixa de 1 a 4 L/min, para o total da amostra de 200 a 2000 L.
- Com as bombas de amostragem calibradas, montou-se o sistema de coleta dos agentes químicos, composto por: bomba de amostragem, mangueira tipo Tygon[®] e amostrador, com cassete e filtro MCE.
- No início e término de cada amostra, foi feito a aferição da temperatura e umidade do ambiente utilizando o equipamento termo-higro-anemômetro-luxímetro da marca Instrutherm, modelo THAL-300, a fim de verificar as condições do ambiente de trabalho.

b) Preparação da amostra:

- Abriu-se o suporte cassete e utilizando uma pinça, removeu-se o filtro de amostragem.
- Em um béquer, colocou-se o filtro com a parte coletada para cima.
- Adicionou-se 1,0 mL de água destilada, 5,0 mL de HNO₃ e 3,0 mL de H₂SO₄ no béquer e o colocou numa chapa aquecedora, em 80 °C até que o filtro fosse totalmente digerido.
- Após a digestão, retirou-se a solução da chapa e deixou-se esfriar por aproximadamente 5 minutos.
- Utilizando uma pipeta, retirou-se a solução do béquer e verificou-se o volume obtido, transferindo a solução em um balão volumétrico de 50 mL.

- Diluiu-se até 50 mL do volume final com água destilada e tampou-se a solução.
- c) Calibração e controle de qualidade:
- Calibrou-se o espectrômetro de acordo com as recomendações do fabricante.
 - Analisou-se um branco da água destilada.
 - Analisou-se um branco dos reagentes (ácidos) utilizados anteriormente na digestão.
- d) Medição:
- Utilizou-se o espectrômetro de absorção atômica de chama da marca PG Instruments, modelo AA 990F, com faixa de comprimento de onda de 190 nm a -990 nm, alimentação de 220 V, 50 Hz AC, 200 W, com sistema que comporta até 8 lâmpadas de cátodo oco simultâneas.
 - Analisou-se os brancos de controle de qualidade.
- e) Cálculos:
- Obteve-se as concentrações da solução para a amostra, C_s ($\mu\text{g/mL}$), e a média do branco, C_b ($\mu\text{g/mL}$), pelo instrumento.
 - Utilizando os volumes da solução da amostra, V_s (mL), e a média do branco, V_b (mL), calculou-se a concentração C (mg/m^3), para cada elemento do volume de ar amostrado, V (L), conforme mostra Equação 02:

$$C = \frac{C_s \cdot V_s - C_b \cdot V_b}{V} \quad (02)$$

, onde: $\mu\text{g/L} = \text{mg/m}^3$.

3.3.4.2 Análise Quantitativa de Óleo Mineral

Para análise de óleo mineral, utilizou-se o Método 5026, estabelecido pela NIOSH.

a) Amostragem:

- Primeiramente, calibrou-se a bomba de amostragem marca Sensidyne, modelo BDXII, com escala de fluxo de 0 a 3,0 L/min, conectada a um amostrador representativo, conforme Método de Bolha de Sabão utilizando o calibrador de vazão da marca Sensidyne, modelo Gilibrator 2.

- Estabeleceu-se uma taxa de fluxo a uma faixa de 1 a 3 L/min, para o total da amostra com volume de 20 a 500 L.
 - Já com as bombas de amostragem calibradas, montou-se o sistema de coleta dos agentes químicos, composto por: bomba de amostragem, mangueira tipo Tygon® e amostrador, com IOM, cassete e filtro de vidro.
 - No início e término de cada amostra, foi feita a aferição da temperatura e umidade do ambiente utilizando o equipamento termo-higro-anemômetro-luxímetro da marca Instrutherm, modelo THAL-300, a fim de verificar as condições do ambiente de trabalho.
 - Coletou-se 5 a 10 mL de óleo mineral diluído não utilizado em um frasco, para preparação da amostra padrão.
- b) Preparação da amostra:
- Utilizando uma pinça, transferiu-se o filtro em branco em um frasco. Adicionou-se 10 mL de CCl₄ e agitou-o vigorosamente.
- c) Calibração e controle de qualidade:
- Calibrou-se o equipamento com o padrão coletado na indústria:
- Adicionou-se quantidades conhecidas do padrão de óleo mineral ao CCl₄ em balões volumétricos de 10 mL e o diluiu até a marca para obter concentrações de óleo numa faixa de 5 a 250 µg/mL.
 - Analisou-se com amostras e brancos.
 - Preparou-se o gráfico de calibração (pico de absorbância por µg de óleo mineral).
- d) Medição:
- Para a análise, utilizou-se o espectrofotômetro de infravermelho, marca Varian, modelo 640-IR, com comprimento de onda de 11000 a 735 cm⁻¹. Passou-se cada solução padrão e cada extrato de filtro em branco no comprimento de onda de 3200 a 2700 cm⁻¹ no modo de absorbância por CCl₄ no feixe de referência. Registrou-se a absorbância no comprimento de onda da absorbância mais próxima de 2940 cm⁻¹ (± 11,8%).
- e) Cálculos:
- Determinou-se a massa, µg, do óleo mineral encontrado na amostra (W) e no padrão branco (B) pelo gráfico de calibração.

- Calculou-se a concentração, C (mg/m^3), do óleo mineral no volume de ar amostrado, V (L), conforme Equação 03.

$$C = \frac{W - B}{V} \quad (03)$$

3.3.3 Coleta das Amostras de Gases

Para análise dos gases CO e CO₂, utilizou-se um método de medição direta por meio de um analisador de gases provenientes da combustão portátil, da marca MRU, modelo Optima 7, com até sete sensores de gás (CO₂, O₂, NO, NO₂, SO₂, H₂S, CO). O analisador corresponde a um aparelho que detecta e mede a presença de gases industriais automaticamente, armazenando estas informações para serem estudadas posteriormente.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a análise de fumos metálicos foi avaliado a presença de alumínio (Al), cobre (Cu) e ferro (Fe), visto que estes são os elementos que compõe a liga utilizada para fabricação das peças no setor de injeção. Não foi possível realizar a comparação dos resultados com dados anteriores, visto que são sigilosos. Os resultados das concentrações obtidas foram apresentados em gramas por metro cúbico (g/m^3). Seguindo o critério do Grupo Homogêneo de Exposição (GHE), foram escolhidos cinco operadores de máquinas injetoras, para se submeterem às amostragens de fumos metálicos e óleo mineral.

4.1 FUMOS METÁLICOS

Os resultados das análises estão representados na Tabela 3 abaixo, em que as concentrações obtidas possuem valores considerando uma jornada de trabalho de quarenta e quatro horas semanais.

Tabela 3 - Resultados das Análises de Fumos Metálicos.

Colaborador	Função	Local da Coleta	Volume de			
			Ar Amostrado (L)	Alumínio (mg/m^3)	Cobre (mg/m^3)	Ferro (mg/m^3)
Colaborador 1	Operador	Máquina Injetora 800	750	0,032	0,004	0,045
Colaborador 2	Operador	Máquina Injetora 350	746	0,029	0,002	0,037
Colaborador 3	Operador	Máquina Injetora 360	774	0,035	0,006	0,053
Colaborador 4	Operador	Máquina Injetora 650	786	0,029	0,003	0,044
Colaborador 5	Operador	Máquina Injetora 250	796	0,015	0,002	0,037
			TWA (mg/m^3)	0,88	0,176	4,4
			STEL (mg/m^3)	N.A.	N.A.	N.A.
			C (mg/m^3)	N.A.	N.A.	N.A.
			NR-15 (mg/m^3)	N.A.	N.A.	N.A.

Fonte: Própria.

Através dos resultados apresentados na Tabela 3, é possível avaliar a exposição dos trabalhadores aos fumos metálicos. Assim, comparou-se com a legislação ocupacional, a fim de analisar se a atividade ou operação é insalubre ao trabalhador. Uma vez que a NR-15 não apresenta limites de tolerância para metais, exceto para chumbo e mercúrio, adotou-se os limites dos EUA, ou seja, os TLVs, apresentados na ACGIH. (BRASIL, 1994)

O TLV utilizado foi o TWA (*Time Weight Average*), considerando uma jornada de trabalho de 44h/semana. Comparando os resultados obtidos das medições com o TLV-TWA, sendo para alumínio o limite de $0,88 \text{ mg/m}^3$, para cobre $0,176 \text{ mg/m}^3$, e para ferro $4,4 \text{ mg/m}^3$, conclui-se que a concentração dos agentes monitorados encontram-se dentro dos limites exigidos pelas referências, sendo aceitos pela Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais (ABHO) e Ministério do Trabalho e Emprego (MTE).

Além disso, uma vez que os resultados apresentaram valores inferiores a metade dos limites impostos, pode-se estimar que a atividade monitorada não apresenta insalubridade com relação aos fumos metálicos, ou seja, considera-se que os trabalhadores estão numa exposição aceitável ao agente químico, como esquematiza a Figura 11. Casos em que o resultado da concentração apresenta valores igual ou maior a metade do limite de tolerância, normalmente geram um nível de alerta que devem ser investigados e tomar um plano de ação para conter ou reduzir este valor. (COLACIOPPO, 2010; BRASIL, 1994)

Figura 11 - Esquema de Interpretação dos Resultados com Relação ao Limite de Tolerância.



Fonte: Própria.

Utilizando o software estatístico IHStat, da AIHA, é possível tratar os dados de forma mais prática considerando uma distribuição lognormal. Através dele obtiveram resultados estatísticos de média, amplitude, mediana, desvio padrão, entre outros, apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Estatística Descritiva para Análise de Fumos Metálicos.

Dados Estatísticos	Resultados	Resultados	Resultados
	Alumínio	Cobre	Ferro
Máximo	0,035	0,006	0,053
Mínimo	0,015	0,002	0,037
Amplitude	0,02	0,004	0,016
Média	0,028	0,0034	0,0432
Mediana	0,029	0,003	0,044
Desvio Padrão (s)	0,00768	0,00167	0,00665
Média Geométrica	0,0269	0,0031	0,0428
Desvio Padrão Geométrico (DPG)	1,4	1,6	1,16

Fonte: Própria.

Por meio dos dados apresentados na Tabela 4, têm-se o Desvio Padrão Geométrico (DPG) que consiste no exponencial do desvio padrão dos logaritmos naturais dos resultados. Utilizando o DPG calculado e comparando com o nível de ação realizou-se uma análise de hipótese do cumprimento do TWA no período em que não há avaliação, para que assim haja uma garantia de que as exposições não medidas não ultrapassem este limite de tolerância.

Pela Tabela 5 tem-se o nível de ação em função do DPG. Neste ponto, analisou-se se a estimativa apresentada pela Figura 11 se faz aplicável. Para o alumínio e cobre, os resultados de DPG ficaram acima de 1,25, sendo necessário fazer um ajuste de redução no valor do nível de ação. Assim, para alumínio tem-se nível de ação igual a 0,22 e para o cobre, 0,0176. Comparando com os resultados das análises, verificou-se que todos os valores se encontram inferiores aos níveis de ação, confirmando a hipótese de cumprimento do limite de tolerância.

Já para o ferro, a dispersão encontrada foi baixa, sendo o valor encontrado para o DPG menor que 1,25. Dessa forma, prevalece o nível de ação igual a metade do limite de tolerância, confirmando a hipótese.

Tabela 5 - Nível de Ação em Função do DPG.

DPG	Nível de Ação
$\leq 1,25$	0,5 TLV
1,3	0,4 TLV
1,5	0,25 TLV
2,0	0,1 TLV
$> 2,0$	Grande variabilidade
$\geq 3,0$	Processo fora de controle ou grupo pobremente definido

Fonte: Adaptado de LEIDEL; BUSCH; LYNCH (1977).

Através da média geométrica e do DPG, obteve-se pelo IHStat, o Limite Superior de Confiança Land's Exato ($LSC_{LE, 95\%}$) para um intervalo de 95% de confiança. A partir deste dado, calculou-se o índice de julgamento para a média verdadeira de exposição (I_{MV}), utilizando a Equação 04.

$$I_{MV} = \frac{LSC_{LE, 95\%}}{LT} \quad (04)$$

Para este cálculo, o resultado encontrado foi igual a 0,049 para alumínio, 0,040 para cobre, e 0,011 para ferro. Então, como $I_{MV} \leq 1,0$ para todos os metais, de acordo com a FUNDACENTRO, considera-se que a situação se encontra conforme, podendo afirmar que a concentração média verdadeira é inferior ao limite TWA, com 95% de confiança.

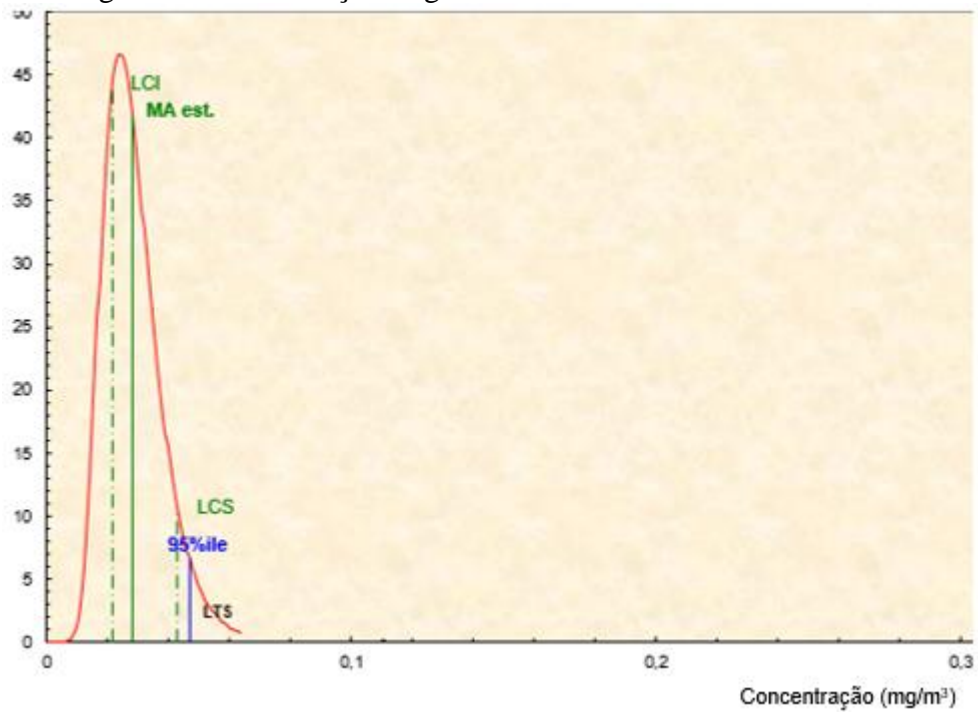
Tabela 6 - Estatísticas Paramétricas Lognormais para Análise de Fumos Metálicos.

Dados Estatísticos	Resultados	Resultados	Resultados
	Alumínio	Cobre	Ferro
Média Aritmética Estimada (MA)	0,028	0,003	0,043
LCI 1,95% - Land's Exato	0,022	0,002	0,038
LCS 1,95% - Land's Exato	0,043	0,007	0,051
I_{MV}	0,048864	0,039773	0,011591

Fonte: Própria.

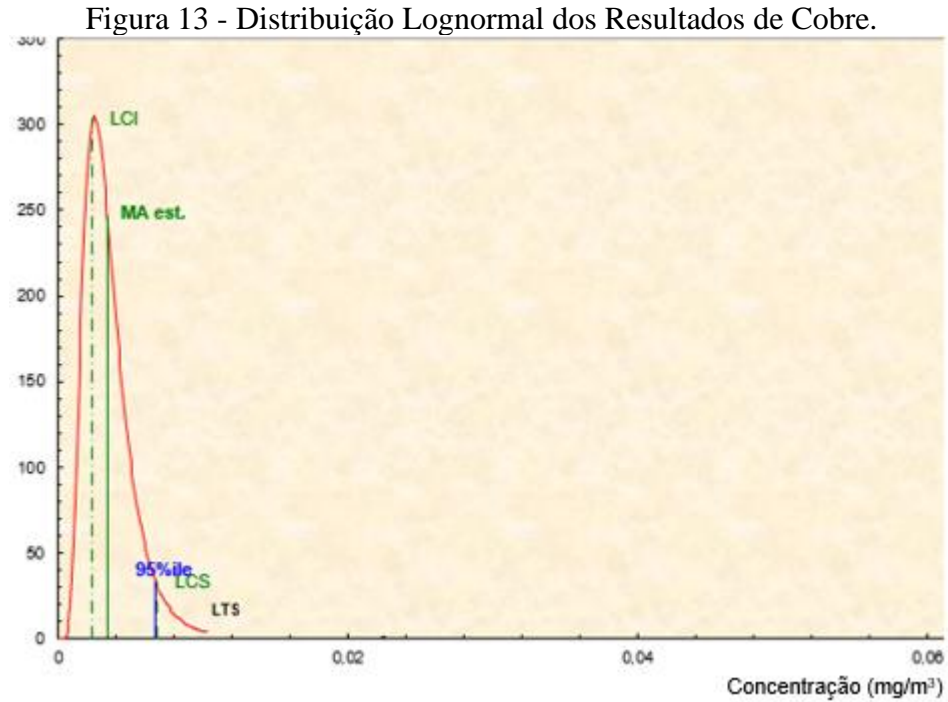
A Figura 12 apresenta a distribuição lognormal dos resultados de alumínio, em que o logaritmo das concentrações obtidas apresenta distribuição normal, ou seja, distribui-se em forma de curva de Gauss.

Figura 12 - Distribuição Lognormal dos Resultados de Alumínio.



Fonte: Própria.

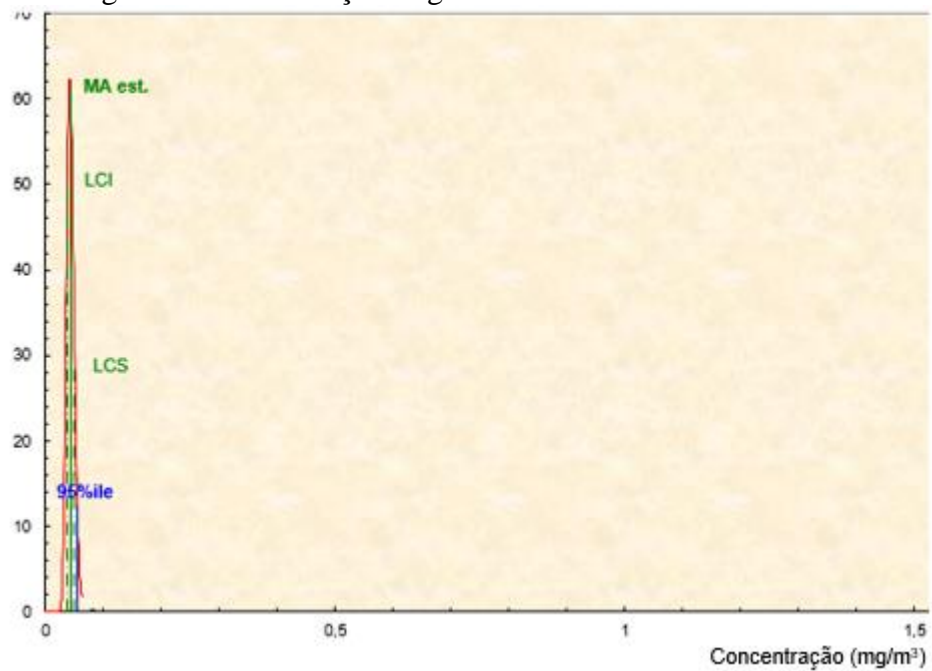
A Figura 13 apresenta a distribuição lognormal dos resultados de cobre, em que o logaritmo das concentrações obtidas apresenta distribuição normal, ou seja, distribui-se em forma de curva de Gauss.



Fonte: Própria.

A Figura 14 apresenta a distribuição lognormal dos resultados de ferro, em que o logaritmo das concentrações obtidas apresenta distribuição normal, ou seja, distribui-se em forma de curva de Gauss.

Figura 14 - Distribuição Lognormal dos Resultados de Ferro.



Fonte: Própria.

4.2 ÓLEO MINERAL

Após análises quantitativas feitas no laboratório, foram obtidos os seguintes resultados para óleo mineral, apresentados na Tabela 7, na qual dispõe o respectivo limite de tolerância adotado.

Tabela 7 - Resultados das Análises de Óleo Mineral.

Colaborador	Função	Local da Coleta	Volume de Ar Amostrado (L)	Óleo Mineral (mg/m³)
Colaborador 1	Operador	Máquina Injetora 800	790	0,367
Colaborador 2	Operador	Máquina Injetora 250	790	0,304
Colaborador 3	Operador	Máquina Injetora 125	770	0,413
Colaborador 4	Operador	Máquina Injetora 650	790	0,311
Colaborador 5	Operador	Máquina Injetora 650	352	0,285
TWA (mg/m³)				4,4
STEL (mg/m³)				N.A.
C (mg/m³)				N.A.
NR-15 (mg/m³)				N.A.

Fonte: Própria.

Assim como na análise anterior, uma vez que a NR-15 não dispõe de limites de tolerância para óleo mineral, foi necessário recorrer à legislação americana, através do TLV-TWA, considerando uma jornada de trabalho de 44h/semana. Pela Tabela 7, observa-se que todos os resultados obtidos se encontram abaixo do limite TWA igual a 4,4 mg/m³, e consideravelmente abaixo da metade deste limite, concluindo que o ambiente não apresenta insalubridade e os trabalhadores estão expostos ao óleo mineral em nível aceitável pela ABHO e MTE. Uma vez que o Colaborador 5 submeteu-se a amostragem durante um tempo inferior, o volume de ar coletado foi menor; assim, desconsiderou-se este resultado. (ACGIH, 2017)

Tabela 8 - Estatística Descritiva para Análise de Óleo Mineral.

Dados Estatísticos	Resultados
Máximo	0,413
Mínimo	0,304
Amplitude	0,109
Média	0,349
Mediana	0,339
Desvio Padrão (s)	0,0513
Média Geométrica	0,346
Desvio Padrão Geométrico (DPG)	1,16

Fonte: Própria.

Novamente, analisando o nível de ação em função do resultado do DPG apresentado na Tabela 8, manteve-se o nível de ação igual a metade do limite de tolerância, conforme relação da Tabela 9. Visto que os resultados das análises de óleo mineral estão apresentados em valores abaixo do nível de ação e a dispersão é baixa, $DPG \leq 1,25$, pode-se confirmar que a hipótese do cumprimento do TWA se faz verdadeira. Caso o DPG fosse maior, seria necessário reduzir o nível de ação, como feito anteriormente no caso dos fumos metálicos.

Tabela 9 - Nível de Ação em Função do DPG.

DPG	Nível de Ação
$\leq 1,25$	0,5 TLV
1,3	0,4 TLV
1,5	0,25 TLV
2,0	0,1 TLV
$> 2,0$	Grande variabilidade
$\geq 3,0$	Processo fora de controle ou grupo pobremente definido

Fonte: Adaptado de LEIDEL; BUSCH; LYNCH (1977).

Abaixo seguem as estatísticas paramétricas lognormais. Utilizando o Limite Superior de Confiança Land's Exato e o Limite de Tolerância chegou a I_{MV} igual a 0,096. Conforme

FUNDACENTRO, conclui-se que a situação também se encontra conforme, afirmando que a concentração média verdadeira é inferior ao limite adotado (TWA).

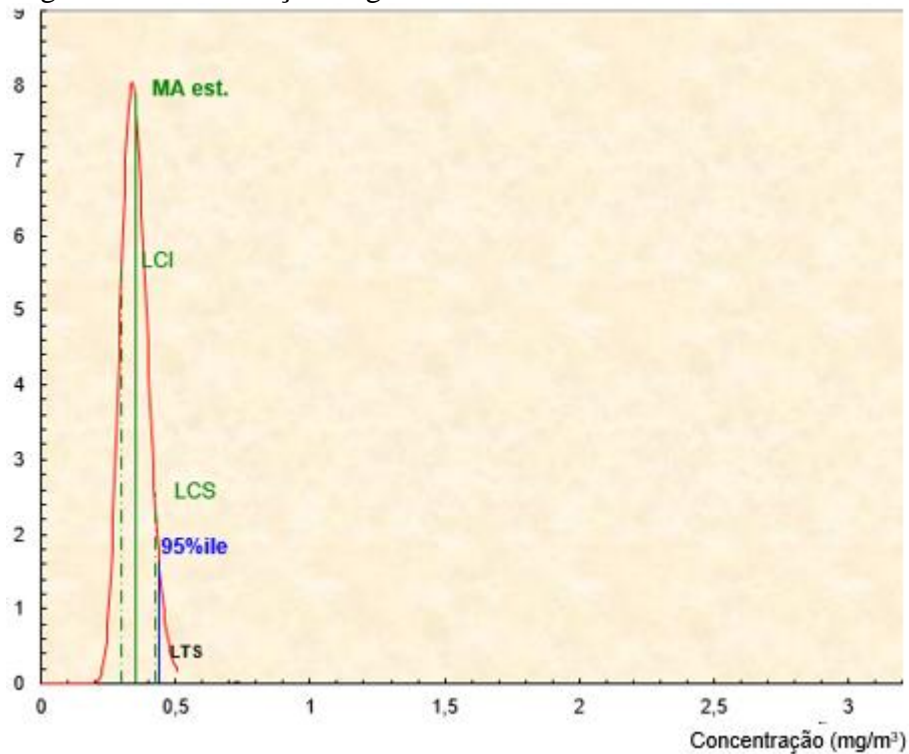
Tabela 10 - Estatísticas Paramétricas Lognormais para Análise de Óleo Mineral.

Dados Estatísticos	Resultados
Média Aritmética Estimada (MA)	0,349
LCI 1,95% - Land's Exato	0,300
LCS 1,95% - Land's Exato	0,422
I _{MV}	0,096

Fonte: Própria.

Na Figura 15, tem-se a distribuição lognormal dos resultados, em que o logaritmo das concentrações obtidas apresenta distribuição normal, ou seja, distribui-se em forma de curva de Gauss.

Figura 15 - Distribuição Lognormal dos Resultados de Óleo Mineral.



Fonte: Própria.

4.3 MONÓXIDO DE CARBONO E DIÓXIDO DE CARBONO

Na Tabela 11, dispõe os resultados dos gases monóxido de carbono e dióxido de carbono, analisados de forma direta.

Tabela 11 - Resultado da Análise de Monóxido de Carbono e Dióxido de Carbono.

Agente Químico	Valor Encontrado (ppm)	TWA (ppm)	STEL (ppm)	NR-15 (ppm)
Monóxido de Carbono	0	22	-	39
Dióxido de Carbono	786	4400	26400	3900

Fonte: Própria.

Para os gases monóxido e dióxido de carbono avaliou-se os resultados através da NR-15. Segundo o Anexo XI da norma, os limites de tolerância são fixados para uma carga horária de trabalho de até 48 h/semana. Visto que na indústria estudada a jornada é de 44 h/semana, os limites se fazem válidos. Assim, para o monóxido de carbono tem-se o limite de 39 ppm, e para o dióxido 3900 ppm.

Comparando os resultados obtidos pela medição direta dos gases com a legislação brasileira, verificou-se que ambos estão abaixo do limite de tolerância, sendo considerado um nível de exposição aceitável. Para o CO, o valor encontrado foi igual a zero, indicando sua ausência no processo produtivo ou presença insignificativa. Já o CO₂ foi detectado, porém apresentou concentração igual a 786 ppm, bem abaixo da metade do limite de tolerância estabelecido pela NR-15, o que leva à ausência de insalubridade.

Apesar de ser utilizado a NR-15 na avaliação dos dados, vale ressaltar que a ACGIH também dispõe de limites STEL para CO₂ e TWA para CO e CO₂. Existem questionamentos a respeito da utilização dos limites de tolerância da legislação brasileira, que teve sua última atualização em 1978, sendo vista como defasada em comparação com a legislação americana, que teve sua primeira publicação em 1946 e desde então, atualiza os limites de tolerância anualmente, fazendo com que no geral, fiquem cada vez mais criteriosos, reduzindo os valores dos limites de exposição aos agentes químicos. Apesar disso, para o dióxido de carbono ainda é possível verificar um limite mais restrito pela norma brasileira. (CAMISASSA, 2015)

Dessa forma, no que diz respeito às avaliações realizadas, se comparado os resultados ao TLV-STEL e TLV-TWA ainda seria possível observar um quadro positivo, indicando que o ambiente apresenta condições de exposição aos agentes químicos mínimas, com concentração de CO₂ cerca de 5,6 vezes menor que o limite TWA e 33,6 vezes menor que o STEL, representando ausência de insalubridade.

4.4 BENEFÍCIOS DO PPRA

No geral, os resultados obtidos nas avaliações foram bastante satisfatórios, visto que nenhum agente químico apresentou concentração além do limite de tolerância imposto pelas legislações. Apesar disso, faz-se necessário manter o PPRA periodicamente, não só para cumprir com a NR-09, como também para monitorar a exposição dos trabalhadores aos agentes químicos, proporcionando qualidade de vida dentro do ambiente de trabalho.

Atrelado a este fator, o uso de medidas de proteção é de extrema importância para proteger os trabalhadores contra esses possíveis riscos que podem prejudicar a sua saúde, segurança e integridade física e mental durante suas atividades.

Assim, no setor avaliado neste trabalho foram verificados a utilização de proteções individuais, como: bota de segurança com biqueira, avental de raspa, mangote de algodão, protetor auricular, perneira de raspa e óculos de segurança; com seus respectivos Certificados de Aprovação (CA). E de proteções coletivas, como extintores de incêndio, sinalização de segurança, iluminação adequada e, principalmente, ventilação e exaustão, que contribuem diretamente na redução da exposição dos trabalhadores aos agentes químicos analisados.

Em se tratando de questões financeiras, a aplicação dessa avaliação faz com que a empresa evite gastos com afastamentos e ações trabalhistas, visto que dentre os malefícios da exposição além dos limites aos químicos, temos pelo alumínio: pneumoconiose, irritação no trato respiratório inferior, neurotoxicidade; pelo cobre: irritação gastrointestinal, febre dos fumos metálicos; pelo ferro: pneumoconiose; pelo óleo mineral: irritação no trato respiratório inferior; e pelos gases monóxido e dióxido de carbono: COHb-emia e asfixia.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho teve por objetivo avaliar a aplicação do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais, numa indústria metalúrgica, mais especificamente, no setor de injeção. Estudou-se a estrutura do programa normatizada na Norma Regulamentadora-09 (NR-09), do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE). Porém verificou-se que para a realização da análise, o conhecimento de outras normas também se faz necessário, como as Normas de Higiene Ocupacional (NHO) e a NR-15, sobre Atividades e Operações Insalubres.

Para isso, focou-se nas análises da exposição dos funcionários aos riscos químicos, tendo como estudo os agentes: fumos metálicos, óleo mineral, monóxido e dióxido de carbono, que se fazem presentes no setor em questão.

Em se tratando do objetivo proposto, considera-se que os resultados obtidos foram satisfatórios para todos os agentes químicos, que apresentaram valores de concentração bem abaixo do limite de tolerância estabelecidos pela NR-15 e pela norma americana ACGIH, utilizados quando o limite não se faz presente na norma brasileira. Dessa forma, conclui-se que o ambiente não apresenta insalubridade, onde os funcionários estão expostos aos químicos em um nível aceitável.

Ressalta-se a importância no uso de medidas de controle no ambiente, chamado de EPC e nos funcionários, os EPIs, na obtenção de tais resultados positivos, para manter os níveis de exposição controlados no processo, evitando malefícios à saúde e mantendo a integridade física do funcionário.

6 PERSPECTIVAS

- Propõe-se análise do PPRA da indústria, não somente dos riscos químicos, como também, englobando os riscos físicos e biológicos;
- Realizar o estudo com uma amostragem maior, para melhor validar estatisticamente;
- Aplicar o PPRA no laboratório de Química da Universidade do Estado do Amazonas, a fim de verificar os riscos presentes no ambiente e possíveis melhorias nas medidas de controle de riscos.

REFERÊNCIAS

ACADEMIA BRASILEIRA LETRAS. **Dicionário Escolar da Língua Portuguesa**. Companhia Editora Nacional, 2008.

ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists). **TLVs® and BEI® Baseados na Documentação dos Limites de Exposição Ocupacional (TLVs®) para Substâncias Químicas e Agentes Físicos e Índices Biológicos de Exposição (BEI®)**. São Paulo: ABHO. Ed. Português. Tradução ABHO, 2017.

AMAZONAS. **História**. In: Portal do Governo do Estado. Disponível em: <<http://www.amazonas.am.gov.br>>. Acesso em: 20 ago. 2018.

AMBO, Helton Kenji Arçari; OLIVEIRA, Thiago Meriguete. **Estudo dos parâmetros no processo de fabricação de tampas de motores elétricos por injeção de alumínio**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Mecânica). Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2016.

ANDRADE, Pedro Henrique Teixeira de. **POLO INDUSTRIAL DE MANAUS: Análise dos benefícios econômicos regionais em relação ao gasto tributário**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Ciências Contábeis). Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

ANSCHAU, Léo Diel. **Análise de fumos de soldagem, sistemas de proteção e desenvolvimento de protótipo para estudo da emissão de fumos de soldagem para processo MIG/MAG**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Mecânica). Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Panambi, 2010.

BARSANO, Paulo Roberto; BARBOSA, Rildo Pereira. **Segurança do trabalho: guia prático e didático**. 2. ed. São Paulo: Érica, 2018.

BRASIL. **Decreto-Lei nº 288, de 28 fevereiro de 1967**. In: Portal da Presidência da República. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Decreto-Lei/Del0288.htm>. Acesso em: 21 de ago. 2018.

BRASIL. Decreto-lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943. Aprova a consolidação das leis do trabalho. **Lex: Coletânea de Legislação: edição federal**, São Paulo, v. 7, 1943. Suplemento.

BRASIL. **Lei Federal nº 6.514, de 22 de dezembro de 1977**. Altera o Capítulo V do Título II da Consolidação das Leis do Trabalho relativo à segurança e medicina do trabalho e dá outras providências. Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6514.htm>. Acesso em: 17 mar. 2019.

BRASIL. Assembleia Nacional Constituinte. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, 1988.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Normas Regulamentadoras (Português)**, 2015. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/index.php/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>>. Acesso em: 05 set. 2018.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria nº 25 de 29 de dezembro de 1994. Altera Norma regulamentadora nº 9. Programa de Prevenção de Riscos Ambientais. **Diário Oficial da União**, dez. 1994. Disponível em: <http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_09_at.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2018.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria nº 3.214 de 08 de junho de 1978. Norma regulamentadora nº 15. Atividades e operações insalubres. **Diário Oficial da União**, jun. 1978. Disponível em: <http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_15_at.pdf>. Acesso em: 24 mar. 2019.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria nº 3.214, de 8 de junho de 1978. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 1978.

BRASIL. Superintendência da Zona Franca de Manaus – SUFRAMA. **Pólo Industrial de Manaus**. 2018. Disponível em: <http://www.suframa.gov.br/zfm_industria.cfm>. Acesso em: 06 set. 2018.

CAMISASSA, Mara Queiroga. **Segurança e saúde no trabalho: NRs 1 a 36 comentadas e descomplicadas**. São Paulo: Editora Método Ltda., 2015.

CARVALHO, Albertinho Barreto de. **Guia técnico sobre estratégia de amostragem e interpretação de resultados de avaliações quantitativas de agentes químicos em ambientes de trabalho: procedimento técnico**. São Paulo: Fundacentro, 2018.

CARVALHO, Vanessa Silveira Barreto; MELLO, Rodrigo; CAVALCANTI, Paulina Maria Porto silva; CATALDI, Márcio; PIMENTEL, Luiz Cláudio Gomes. Avaliação da concentração do ozônio e de seus precursores na RMRJ e correlação deste com variáveis meteorológicas durante o ano de 2002. In: **XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia**, 2004. Fortaleza. Anais eletrônicos.

COLACIOPPO, Sérgio. Por que existem um TLV-TWA e um TLV-C para o fluoreto de hidrogênio? **Revista ABHO**, set. 2010.

COLÉGIO TÉCNICO INDUSTRIAL DE SANTA MARIA – CTISM. Figura do sistema de coleta dos agentes químicos. **Higiene ocupacional III**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Técnico Industrial de Santa Maria, 2013. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/69373392-Higiene-ocupacional-iii-neverton-hofstadler-peixoto-leandro-silveira-ferreira.html>>. Acesso: 01 dez. 2018.

CORRÊA, Vanderlei Moraes; BOLETTI, Rosane Rosner. **Ergonomia: fundamentos e aplicações**. Porto Alegre: Bookman, 2015.

CRUZ, Sybele Maria Segala da. **Gestão de segurança e saúde ocupacional nas empresas de construção civil**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

ENESENS. **Figura Limites de Exposição Ocupacional/NR-15 e ACGIH**, 2015. Disponível em: <[http://www.enesens.com.br/limites-de-exposicao/#targetText=TLV%20E2%80%93%20TWA%20\(Time%20Weight%20Average,rep etidamente%2C%20sem%20apresentar%20efeitos%20nocivos.](http://www.enesens.com.br/limites-de-exposicao/#targetText=TLV%20E2%80%93%20TWA%20(Time%20Weight%20Average,rep etidamente%2C%20sem%20apresentar%20efeitos%20nocivos.)>. Acesso em: 03 nov. 2019.

FASTER. **Amostrador IOM SKC, para coleta de Material Particulado Inalável**, 2016. Disponível em: < http://fasteronline.com.br/amostragem_de_parti/amostrador-iom/ >. Acesso em: 10 nov. 2019.

FERREIRA, Sylvio Mário Puga; BOTELHO, Lissandro. O emprego industrial na Região Norte: o caso do Polo Industrial de Manaus. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 28, n. 81, mai./ago. 2014.

FUNDACENTRO. **Normas de Higiene Ocupacional**, 2018. Disponível em: <<http://www.fundacentro.gov.br/biblioteca/normas-de-higiene-ocupacional>>. Acesso em: 05 set. 2018.

FUNDACENTRO. **NHO 07: Calibração de bombas de amostragem individual pelo método da bolha de sabão**. São Paulo: Fundacentro, 2002.

FUNDACENTRO. **NHO 08: Coleta de Material Particulado Sólido Suspenso no Ar de Ambientes de Trabalho**. São Paulo: Fundacentro, 2009.

GALON, Tanyse; PALUCCI MARZIALE, Maria Helena; SOUZA, Wecksley Leonardo de. A legislação brasileira e as recomendações internacionais sobre a exposição ocupacional aos agentes biológicos. **Revista Brasileira de Enfermagem**, v. 64, n. 1, jan-fev, 2011, p. 160-167. Associação Brasileira de Enfermagem. Brasília, Brasil.

GOELZER, Berenice Isabel Ferrari. Higiene Ocupacional: importância, reconhecimento e desenvolvimento. **Revista ABHO**, São Paulo, n. 21, 2014.

HERNANDES, Rosângela Hernandez de. **O impacto dos incentivos fiscais na situação sócio-econômica de Manaus**. Monografia (Bacharel em Ciências Contábeis). Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2011.

INSTRUTHERM. **Manual de Instruções: Termo-higro-anemômetro-luxímetro digital portátil modelo THAL-300**, 2010.

INSTRUTHERM. **Figura do termo-higro-anemômetro-luxímetro digital portátil mod. THAL-300**, 2019. Disponível em: < https://www.instrutherm.net.br/seguranca-e-medicina-do-trabalho/temperatura-e-umidade/termo-higro-anem-luximetromod-thal-300-digital-escala0-4-a-30-0-m-s.html?__store=english&__from_store=brazil >. Acesso: 02 mai. 2019.

LANCMAN, Selma; SANTOS, Maria C.; ROMERO, Márcia; BONEQUINE, Renata Letícia. Informar e refletir: uma experiência de terapia ocupacional na prevenção de riscos à saúde do trabalhador. **Rev. Ter. Ocup. Univ. São Paulo**, São Paulo, v. 14, n.1, p. 1-9, jan./abr. 2003.

LEIDEL, Nelson A.; BUSCH, Kenneth A.; LYNCH, Jeremiah R. **Occupational Exposure Sampling Strategy Manual**. Cincinnati: NIOSH Technical Publication. Department of Health Service, Centers for Disease Control, 1977.

LIPPMANN, Morton. Figura do sistema respiratório. Size-selective health hazard sampling. In: **Hering SV, editor**. Air Sampling Instruments for Evaluation of Atmospheric Contaminants. 7th Ed. Cincinnati: American Conference Government and Industrial Hygienists, 1989.

MINORI, Alan Fernandes. **As parcerias público-privadas e o desenvolvimento sustentável do Amazonas: uma análise da Lei Estadual nº 3.363/08**. Dissertação (Mestrado em Ciências Jurídicas). Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa, 2011.

MINORI, Alan Fernandes; COUTINHO, Ana Luísa Celino. **Desenvolvimento sustentável e intervenção estatal na ordem econômica: uma análise do modelo da Zona Franca de Manaus**. Congresso Nacional do CONDEPI, XVIII, São Paulo, 2009.

MIRANDA, Carlos Roberto; DIAS, Carlos Roberto. PPR/PCMSO: auditoria, inspeção do trabalho e controle social. **Caderno Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 1, p. 224-232, 2004.

MRU. **OPTIMA 7**, 2019. Disponível em: <<https://www.mru.eu/produkte/detail/optima7/>>. Acesso em: 01 dez. 2019.

PRADO JUNIOR, Carlos. **História econômica do Brasil**. São Paulo: Brasiliense, 2000.

RAMAZZINI, Bernardino. **As doenças dos trabalhadores**. Trad. Raimundo Estrela. 2. ed. São Paulo: Fundacentro, 1999.

ROCHA, Ana Carolina Faria. **A importância do programa de prevenção de riscos ambientais e o programa de controle médico de saúde ocupacional para as empresas**. Trabalho de Conclusão de Curso II (Graduação em Ciências Contábeis). Universidade de Rio Verde – UniRV, Faculdade de Ciências Contábeis, Rio Verde, 2013.

ROCHA, Rosemberg; BASTOS, Marcos. **Higiene Ocupacional ao alcance de todos**. 1.ed. Editora Autografia, 2017.

ROJAS, Pablo. **Técnico em segurança do trabalho**. Porto Alegre: Bookman, 2015.

SALIBA, Tuffi Messias; CORRÊA, Márcia Angelim Corrêa. **Insalubridade e periculosidade: aspectos técnicos e práticos**. 14. ed. São Paulo: LTr, 2015.

SALIBA FILHO, Anis; FANTAZZINI, Mário Luiz. Estratégia de amostragem: gestão das exposições na higiene ocupacional. **Revista de Higiene Ocupacional**, ano 9, n. 20, p. 5-9, 2010.

SANTOS, Tailine Corrêa; CARVALHO, Vanessa Silveira Barreto; REBOITA, Michelle Simões. Avaliação da influência das condições meteorológicas em dias com altas concentrações de material particulado na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, n. 2, p. 307-313, 2016.

SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. **NR-33: segurança e saúde em espaço confinado – Supervisor de entrada**. São Paulo: SENAI-SP, 2015.

SENSIDYNE. **Gilian Gilibrator-2 NIOSH Primary Standard Air Flow Calibrator**. Disponível em: <<https://www.sensidyne.com/air-sampling-equipment/calibration-equipment/gilibrator-2/>>. Acesso em: 01 mai. 2019.

SENSIDYNE. **Calibrations system: operations & service manual**. Saint Petersburg, 2019. Disponível em: <<http://www.sensidyne.com/library/air-sampling/Manuals/Gilibrator%20Manuals/Gilibrator2%20Manual%20Rev%20G%20with%20Piston%20Cell.pdf>>. Acesso em: 01 mai. 2019.

SENSIDYNE. **BDXII Abatement Air Sampler: operation & service manual**. 2019. Disponível em: <<https://www.sensidyne.com/Support%20Library/air%20sampling/BDX-2/BDX-2%20User%20Manual%20801863MrE.pdf>>. Acesso em: 30 abr. 2019.

SERÁFICO, José; SERÁFICO, Marcelo. **A Zona Franca de Manaus e o capitalismo no Brasil**. Dossiê Amazônia Brasileira II, 2005.

STELLMAN, Steven D. Issues of causality in the history of occupational epidemiology. **Soz Praventiv Med**, v. 48, p. 151-160, 2003.

ANEXO

ANEXO A – NORMA REGULAMENTADORA Nº 9

PROGRAMA DE PREVENÇÃO DE RISCOS AMBIENTAIS

9.1 Do objetivo e campo de aplicação

9.1.1 Esta Norma Regulamentadora – NR estabelece a obrigatoriedade da elaboração e implementação, por parte de todos os empregadores e instituições que admitam trabalhadores como empregados, do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais - PPRA, visando à preservação da saúde e da integridade dos trabalhadores, através da antecipação, reconhecimento, avaliação e conseqüente controle da ocorrência de riscos ambientais existentes ou que venham a existir no ambiente de trabalho, tendo em consideração a proteção do meio ambiente e dos recursos naturais.

9.1.2 As ações do PPRA devem ser desenvolvidas no âmbito de cada estabelecimento da empresa, sob a responsabilidade do empregador, com a participação dos trabalhadores, sendo sua abrangência e profundidade dependentes das características dos riscos e das necessidades de controle.

9.1.2.1 Quando não forem identificados riscos ambientais nas fases de antecipação ou reconhecimento, descritas nos itens 9.3.2 e 9.3.3, o PPRA poderá resumir-se às etapas previstas nas alíneas "a" e "f" do subitem 9.3.1.

9.1.3 O PPRA é parte integrante do conjunto mais amplo das iniciativas da empresa no campo da preservação da saúde e da integridade dos trabalhadores, devendo estar articulado com o disposto nas demais NR, em especial com o Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional - PCMSO previsto na NR-7.

9.1.4 Esta NR estabelece os parâmetros mínimos e diretrizes gerais a serem observados na execução do PPRA, podendo os mesmos ser ampliados mediante negociação coletiva de trabalho.

9.1.5 Para efeito desta NR, consideram-se riscos ambientais os agentes físicos, químicos e biológicos existentes nos ambientes de trabalho que, em função de sua natureza, concentração ou intensidade e tempo de exposição, são capazes de causar danos à saúde do trabalhador.

9.1.5.1 Consideram-se agentes físicos as diversas formas de energia a que possam estar expostos os trabalhadores, tais como: ruído, vibrações, pressões anormais, temperaturas extremas, radiações ionizantes, radiações não ionizantes, bem como o infrassom e o ultrassom.

9.1.5.2 Consideram-se agentes químicos as substâncias, compostos ou produtos que possam penetrar no organismo pela via respiratória, nas formas de poeiras, fumos, névoas, neblinas, gases ou vapores, ou que, pela natureza da atividade de exposição, possam ter contato ou ser absorvidos pelo organismo através da pele ou por ingestão.

9.1.5.3 Consideram-se agentes biológicos as bactérias, fungos, bacilos, parasitas, protozoários, vírus, entre outros.

9.2 Da estrutura do PPRA

9.2.1 O Programa de Prevenção de Riscos Ambientais deverá conter, no mínimo, a seguinte estrutura:

- a) planejamento anual com estabelecimento de metas, prioridades e cronograma;
- b) estratégia e metodologia de ação;
- c) forma do registro, manutenção e divulgação dos dados;
- d) periodicidade e forma de avaliação do desenvolvimento do PPRA.

9.2.1.1 Deverá ser efetuada, sempre que necessário e pelo menos uma vez ao ano, uma análise global do PPRA para avaliação do seu desenvolvimento e realização dos ajustes necessários e estabelecimento de novas metas e prioridades. 1

9.2.2 O PPRA deverá estar descrito num documento-base contendo todos os aspectos estruturais constantes do item 9.2.1.

9.2.2.1 O documento-base e suas alterações e complementações deverão ser apresentados e discutidos na CIPA, quando existente na empresa, de acordo com a NR-5, sendo sua cópia anexada ao livro de atas desta Comissão.

9.2.2.2 O documento-base e suas alterações deverão estar disponíveis de modo a proporcionar o imediato acesso às autoridades competentes.

9.2.3 O cronograma previsto no item 9.2.1 deverá indicar claramente os prazos para o desenvolvimento das etapas e cumprimento das metas do PPRA.

9.3 Do desenvolvimento do PPRA

9.3.1 O Programa de Prevenção de Riscos Ambientais deverá incluir as seguintes etapas:

- a) antecipação e reconhecimentos dos riscos;
- b) estabelecimento de prioridades e metas de avaliação e controle;
- c) avaliação dos riscos e da exposição dos trabalhadores;
- d) implantação de medidas de controle e avaliação de sua eficácia;

e) monitoramento da exposição aos riscos;

f) registro e divulgação dos dados.

9.3.1.1 A elaboração, implementação, acompanhamento e avaliação do PPRA poderão ser feitas pelo Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho - SESMT ou por pessoa ou equipe de pessoas que, a critério do empregador, sejam capazes de desenvolver o disposto nesta NR.

9.3.2 A antecipação deverá envolver a análise de projetos de novas instalações, métodos ou processos de trabalho, ou de modificação dos já existentes, visando a identificar os riscos potenciais e introduzir medidas de proteção para sua redução ou eliminação.

9.3.3 O reconhecimento dos riscos ambientais deverá conter os seguintes itens, quando aplicáveis:

a) a sua identificação;

b) a determinação e localização das possíveis fontes geradoras;

c) a identificação das possíveis trajetórias e dos meios de propagação dos agentes no ambiente de trabalho;

d) a identificação das funções e determinação do número de trabalhadores expostos;

e) a caracterização das atividades e do tipo da exposição;

f) a obtenção de dados existentes na empresa, indicativos de possível comprometimento da saúde decorrente do trabalho;

g) os possíveis danos à saúde relacionados aos riscos identificados, disponíveis na literatura técnica;

h) a descrição das medidas de controle já existentes.

9.3.4 A avaliação quantitativa deverá ser realizada sempre que necessária para:

a) comprovar o controle da exposição ou a inexistência de riscos identificados na etapa de reconhecimento;

b) dimensionar a exposição dos trabalhadores;

c) subsidiar o equacionamento das medidas de controle.

9.3.5 Das medidas de controle

9.3.5.1 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 adotados pela ACGIH - *American Conference of Governmental Industrial Hygienists*, ou aqueles que venham a ser estabelecidos em negociação coletiva de trabalho, desde que mais rigorosos do que os critérios técnico-legais estabelecidos;
- d) quando, através do controle médico da saúde, ficar caracterizado o nexo causal entre danos observados na saúde os trabalhadores e a situação de trabalho a que eles ficam expostos.

9.3.5.2 O estudo, desenvolvimento e implantação de medidas de proteção coletiva deverá obedecer à seguinte hierarquia:

- a) medidas que eliminam ou reduzam a utilização ou a formação de agentes prejudiciais à saúde;
- b) medidas que previnam a liberação ou disseminação desses agentes no ambiente de trabalho;
- a) medidas que reduzam os níveis ou a concentração desses agentes no ambiente de trabalho.

9.3.5.3 A implantação de medidas de caráter coletivo deverá ser acompanhada de treinamento dos trabalhadores quanto os procedimentos que assegurem a sua eficiência e de informação sobre as eventuais limitações de proteção que ofereçam.

9.3.5.4 Quando comprovado pelo empregador ou instituição a inviabilidade técnica da adoção de medidas de proteção coletiva ou quando estas não forem suficientes ou encontrarem-se em fase de estudo, planejamento ou implantação, ou ainda em caráter complementar ou emergencial, deverão ser adotadas outras medidas, obedecendo- se à seguinte hierarquia:

- a) medidas de caráter administrativo ou de organização do trabalho;
- b) utilização de equipamento de proteção individual - EPI.

9.3.5.5 A utilização de EPI no âmbito do programa deverá considerar as Normas Legais e Administrativas em vigor e envolver no mínimo:

- a) seleção do EPI adequado tecnicamente ao risco a que o trabalhador está exposto e à atividade exercida, considerando-se a eficiência necessária para o controle da exposição ao risco e o conforto oferecido segundo avaliação do trabalhador usuário;
- b) programa de treinamento dos trabalhadores quanto à sua correta utilização e orientação sobre as limitações de proteção que o EPI oferece;

c) estabelecimento de normas ou procedimento para promover o fornecimento, o uso, a guarda, a higienização, a conservação, a manutenção e a reposição do EPI, visando garantir as condições de proteção originalmente estabelecidas;

d) caracterização das funções ou atividades dos trabalhadores, com a respectiva identificação dos EPI's utilizados para os riscos ambientais.

9.3.5.6 O PPRA deve estabelecer critérios e mecanismos de avaliação da eficácia das medidas de proteção implantadas considerando os dados obtidos nas avaliações realizadas e no controle médico da saúde previsto na NR- 7.

9.3.6 Do nível de ação.

9.3.6.1 Para os fins desta 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. As ações devem incluir o monitoramento periódico da exposição, a informação aos trabalhadores e o controle médico.

9.3.6.2 Deverão ser objeto de controle sistemático as situações que apresentem exposição ocupacional acima dos níveis de ação, conforme indicado nas alíneas que seguem:

a) para agentes químicos, a metade dos limites de exposição ocupacional considerados de acordo com a alínea "c" do subitem 9.3.5.1;

b) para o ruído, a dose de 0,5 (dose superior a 50%), conforme critério estabelecido na NR-15, Anexo I, item 6.

9.3.7 Do monitoramento.

9.3.7.1. Para o monitoramento da exposição dos trabalhadores e das medidas de controle, deve ser realizada uma avaliação sistemática e repetitiva da exposição a um dado risco, visando à introdução ou modificação das medidas de controle, sempre que necessário.

9.3.8 Do registro de dados.

9.3.8.1 Deverá ser mantido pelo empregador ou instituição um registro de dados, estruturado de forma a constituir um histórico técnico e administrativo do desenvolvimento do PPRA.

9.3.8.2 Os dados deverão ser mantidos por um período mínimo de 20 (vinte) anos.

9.3.8.3 O registro de dados deverá estar sempre disponível aos trabalhadores interessados ou seus representantes e para as autoridades competentes.

9.4 Das responsabilidades

9.4.1 Do empregador:

I. estabelecer, implementar e assegurar o cumprimento do PPRA como atividade permanente da empresa ou instituição.

9.4.2 Dos trabalhadores:

I. colaborar e participar na implantação e execução do PPRA;

II. seguir as orientações recebidas nos treinamentos oferecidos dentro do PPRA;

III. informar ao seu superior hierárquico direto ocorrências que, a seu julgamento, possam implicar riscos à saúde dos trabalhadores.

9.5 Da informação

9.5.1 Os trabalhadores interessados terão o direito de apresentar propostas e receber informações e orientações a fim de assegurar a proteção aos riscos ambientais identificados na execução do PPRA.

9.5.2 Os empregadores deverão informar os trabalhadores de maneira apropriada e suficiente sobre os riscos ambientais que possam originar-se nos locais de trabalho e sobre os meios disponíveis para prevenir ou limitar tais riscos e para proteger-se dos mesmos.

9.6 Das disposições finais

9.6.1 Sempre que vários empregadores realizem simultaneamente atividades no mesmo local de trabalho terão o dever de executar ações integradas para aplicar as medidas previstas no PPRA visando a proteção de todos os trabalhadores expostos aos riscos ambientais gerados.

9.6.2 O conhecimento e a percepção que os trabalhadores têm do processo de trabalho e dos riscos ambientais presentes, incluindo os dados consignados no Mapa de Riscos, previsto na NR-5, deverão ser considerados para fins de planejamento e execução do PPRA em todas as suas fases.

9.6.3 O empregador deverá garantir que, na ocorrência de riscos ambientais nos locais de trabalho que coloquem em situação de grave e iminente risco um ou mais trabalhadores, os mesmos possam interromper de imediato as suas atividades, comunicando o fato ao superior hierárquico direto para as devidas providências.

ANEXO B – NORMA REGULAMENTADORA Nº 15

ATIVIDADES E OPERAÇÕES INSALUBRES

15.1 São consideradas atividades ou operações insalubres as que se desenvolvem:

15.1.1 Acima dos limites de tolerância previstos nos Anexos n.º 1, 2, 3, 5, 11 e 12;

15.1.2 (*Revogado pela Portaria TEM n.º 3.751/1990*);

15.1.3 Nas atividades mencionadas nos Anexos n.º 6, 13 e 14;

15.1.4 Comprovadas através de laudo de inspeção do local de trabalho, constantes dos Anexos n.º 7, 8, 9 e 10;

15.1.5 Entende-se por “Limite de Tolerância”, para fins desta Norma, a concentração ou intensidade máxima ou mínima, relacionada com a natureza e o tempo de exposição ao agente, que não causará dano à saúde do trabalhador, durante a sua vida laboral.

15.2 O exercício de trabalho em condições de insalubridade, de acordo com os subitens do item anterior, assegura ao trabalhador a percepção de adicional, incidente sobre o salário mínimo da região, equivalente a:

15.2.1 40% (quarenta por cento), para insalubridade de grau máximo;

15.2.2 20% (vinte por cento), para insalubridade de grau médio;

15.2.3 10% (dez por cento), para insalubridade de grau mínimo.

15.3 No caso de incidência de mais de um fator de insalubridade, será apenas considerado o de grau mais elevado, para efeito de acréscimo salarial, sendo vedada a percepção cumulativa.

15.4 A eliminação ou neutralização da insalubridade determinará a cessação do pagamento do adicional respectivo.

15.4.1 A eliminação ou neutralização da insalubridade deverá ocorrer:

a) com a adoção de medidas de ordem geral que conservem o ambiente de trabalho dentro dos limites de tolerância;

b) com a utilização de equipamento de proteção individual.

15.4.1.1 Cabe à autoridade regional competente em matéria de segurança e saúde do trabalhador, comprovada a insalubridade por laudo técnico de engenheiro de segurança do trabalho ou médico do trabalho, devidamente habilitado, fixar adicional devido aos empregados expostos à insalubridade quando impraticável sua eliminação ou neutralização.

15.4.1.2 A eliminação ou neutralização da insalubridade ficará caracterizada através de avaliação pericial por órgão competente, que comprove a inexistência de risco à saúde do trabalhador.

15.5 É facultado às empresas e aos sindicatos das categorias profissionais interessadas requererem ao Ministério do Trabalho, através das DRTs, a realização de perícia em estabelecimento ou setor deste, com o objetivo de caracterizar e classificar ou determinar atividade insalubre.

15.5.1 Nas perícias requeridas às Delegacias Regionais do Trabalho, desde que comprovada a insalubridade, o perito do Ministério do Trabalho indicará o adicional devido.

15.6 O perito descreverá no laudo a técnica e a aparelhagem utilizadas.

15.7 O disposto no item 15.5 não prejudica a ação fiscalizadora do MTb nem a realização ex-officio da perícia, quando solicitado pela Justiça, nas localidades onde não houver perito.