

**Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e  
Medicina do Trabalho – Fundacentro  
Programa de Pós-Graduação em Trabalho, Saúde e Ambiente**

**Particularidades e ineficiências na gestão de  
riscos químicos em fundições de metais ferrosos  
no estado de São Paulo e seu impacto na  
prevenção da ocorrência e do agravamento de  
danos à saúde do trabalhador**

Anildo de Lima Passos Junior

São Paulo  
2013

**Anildo de Lima Passos Junior**

**Particularidades e ineficiências na gestão de riscos químicos em fundições de metais ferrosos no estado de São Paulo e seu impacto na prevenção da ocorrência e do agravamento de danos à saúde do trabalhador**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Trabalho, Saúde e Ambiente, da Fundacentro – Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho – como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Trabalho, Saúde e Ambiente.

Área de concentração: Segurança e Saúde do Trabalhador.

Linha de Pesquisa: Avaliação, comunicação e controle de risco nos locais de trabalho.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Sérgio da Silva.

São Paulo  
2013

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Serviço de Documentação e Biblioteca – SDB / Fundacentro  
São Paulo – SP  
Erika Alves dos Santos CRB–8/7110

Passos Junior, Anildo de Lima.

Particularidades e ineficiências na gestão de riscos químicos em fundições de metais ferrosos no estado de São Paulo e seu impacto na prevenção da ocorrência e do agravamento de danos à saúde do trabalhador.

182 f., enc. : il. color.

Orientador: Carlos Sérgio da Silva.

Dissertação (mestrado)-Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho, São Paulo, 2013.

Referências: f. 160-176.

1. Fundição. 2. Gestão de riscos químicos. 3. Segurança e saúde no trabalho. I. Silva, Carlos Sérgio da. II. Título.

É expressamente proibida a comercialização deste documento tanto na sua forma impressa, como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

## **Agradecimentos**

A meus pais, que sempre me deram, ao longo da vida, incentivo e suporte para estudar e crescer profissionalmente, além das inúmeras demonstrações de felicidade, mesmo nas minhas menores conquistas.

À minha esposa e aos meus filhos, que sempre me proporcionaram um ambiente familiar confortável e feliz que serviu de estímulo ao desenvolvimento deste trabalho.

Ao Dr. Carlos Sérgio da Silva, meu orientador, pela confiança, dedicação ao desenvolvimento desta pesquisa, sabedoria das direções e generosidade.

Aos pesquisadores da Fundacentro, Dr. Gilmar da Cunha Trivelato, Dr. Albertinho Barreto de Carvalho, Dra. Ana Maria Tibiriça Bon e Dr. João Apolinário da Silva, pelas orientações técnicas.

Ao Dr. Eduardo Algranti, pela análise das telerradiografias de tórax.

À Mestre Érika Alves dos Santos, pelo apoio e pelas orientações na revisão da dissertação.

À Mestre Karina Penariol Sanches, pelo minucioso trabalho de revisão da dissertação.

Aos Auditores-Fiscais do Trabalho Celso de Almeida Haddad, Noé Dias de Azevedo e Viviane de Jesus Fortes, pelo apoio institucional do Ministério do Trabalho e Emprego no desenvolvimento da pesquisa.

## Resumo

A fundição de metais ferrosos é uma atividade econômica importante em vários países. No Brasil, esse setor industrial é responsável pela geração de mais de 60.000 empregos. Seu processo produtivo, entretanto, resulta na exposição dos trabalhadores a diversas substâncias químicas relevantes do ponto de vista toxicológico. Apesar dessa característica, o número de comunicações de doenças ocupacionais ao Instituto Nacional do Seguro Social (INSS) é inexpressivo quando comparado aos casos de acidentes típicos. Sendo assim, desde 2010, a Superintendência Regional do Trabalho e Emprego do Estado de São Paulo (SRTE/SP), em parceria com a Fundacentro, desenvolve, no estado de São Paulo, um projeto de fiscalização em fundições de metais ferrosos no intuito de melhorar as condições de segurança e saúde do trabalhador. O projeto selecionou cinco indústrias, todas com mais de 500 empregados, as quais foram analisadas neste estudo. Os dados secundários oriundos das referidas ações fiscais e as informações provenientes de pesquisas científicas recentes fundamentaram a presente dissertação. Este trabalho objetivou identificar as particularidades e as ineficiências da gestão de riscos químicos nas citadas fundições e o seu reflexo na ocorrência e no agravamento de danos à saúde do trabalhador. Na maioria das indústrias pesquisadas, constatou-se um aumento na quantidade de substâncias químicas identificadas após a intervenção fiscal. Entretanto, nenhuma das fundições analisadas desenvolveu estratégias de amostragem para suas avaliações quantitativas, apresentando inconsistências nos critérios de definição dos grupos de exposição similar, na seleção dos trabalhadores avaliados, na representatividade do tempo de coleta de agentes químicos em relação à jornada de trabalho e na quantidade de medições realizadas. A maioria dos resultados dessas avaliações que apresentaram valores acima dos limites de exposição ocupacional, aproximadamente 68%, refere-se à poeira respirável contendo sílica livre cristalina. Diante desse cenário, amostras de telerradiografias de tórax foram analisadas por setor especializado da Fundacentro e constatou-se que esses exames não apresentavam, em geral, qualidade mínima para leitura e interpretação radiológica nos padrões de

classificação da Organização Internacional do Trabalho (OIT). Paralelamente, verificou-se que não há correlação entre o Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO) e o Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA) das fundições analisadas, com diferenças significativas na quantidade de substâncias químicas identificadas nesses dois programas. Sendo assim, diversos exames médicos complementares não foram previstos e nem realizados. As medidas de controle adotadas pelas referidas indústrias não priorizaram ações de eliminação ou substituição de agentes químicos perigosos e, na maioria dos casos, restringiram-se ao fornecimento de equipamentos de proteção individual. Concluiu-se, portanto, que as ineficiências da gestão de riscos químicos não permitem adequada prevenção da ocorrência e do agravamento de doenças ocupacionais nos trabalhadores das fundições de metais ferrosos pesquisadas.

**Palavras-chave:** fundição; gestão de riscos químicos; segurança e saúde no trabalho.

## **Abstract**

The iron foundries are an important economic activity in many countries. In Brazil, this industrial sector is responsible for generating more than 60,000 jobs. Nevertheless, its productive process entails the exposure of workers to various chemicals with toxicological hazard. In spite of this situation, the number of reports of occupational diseases to the National Social Security Institute (INSS) is insignificant when compared to cases of typical accidents. Thus, as of 2010, the Regional Superintendence of Labor and Employment of the State of São Paulo (SRTE/SP), in partnership with Fundacentro, has developed an inspection project aiming at the improvement of the safety and health of workers in iron foundries in the state of São Paulo. Initially, five industries were selected, all of them with more than 500 employees. Secondary data derived from such inspection actions and information from recent scientific research were used to substantiate this dissertation. This study aimed to identify the peculiarities and inefficiencies of chemical risk management in the foundries mentioned and its reflection in the occurrence and aggravation of damage to the health of workers. In most of the industries surveyed, it was found that there was an increase in the quantity of identified chemicals after inspectional intervention. However, none of the foundries analyzed developed sampling strategies for its quantitative evaluations, with inconsistencies in the criteria for defining groups of similar exposure, in the selection of workers assessed, in the representativeness of the chemical agents collection time in relation to working hours and in the number of measurements performed. Most of the results of the evaluations that showed values above the occupational exposure limits, approximately 68%, refer to respirable dust containing free crystalline silica. Given this scenario, samples of chest radiographs were analyzed by a specialized sector at Fundacentro and it was found that those tests in general did not present minimum quality for radiological reading and interpretation under the International Labor Office (ILO) classification scheme. In parallel, it was verified that there was no correlation between the Occupational Health Medical Control Program (PCMSO) and the Environmental Hazard Prevention Program (PPRA) in the foundries analyzed, with significant differences

in the amount of chemicals identified in these two programs. Therefore, a number of complementary medical exams were neither provided for nor performed. The control measures adopted by those industries did not prioritize actions of elimination and substitution of hazardous chemical agents and, in most cases, were restricted to the provision of personal protective equipment. Therefore, it was ascertained that the inefficiencies of chemical risk management do not allow adequate prevention of occurrence and aggravation of occupational diseases in workers in the iron foundries surveyed.

**Keywords:** foundry; chemical risk management; occupational safety and health.



## Lista de ilustrações

Figura 1	Evolução brasileira na produção de fundidos.....	4
Figura 2	Evolução do nível de emprego na indústria da fundição no Brasil .....	4
Figura 3	Evolução dos registros de doenças ocupacionais entre o 4º trimestre de 2010 e o 3º de 2012 nas indústrias avaliadas .....	8
Figura 4	Etapas do processo produtivo na indústria de fundição .....	18
Figura 5	Moldagem com areia verde .....	20
Figura 6	Processo <i>shell molding</i> .....	22
Figura 7	Vazamento do metal fundido.....	24
Figura 8	Forno de indução a canal.....	26
Figura 9	Forno de indução a cadinho.....	27
Figura 10	Etapas do processo de gestão de riscos.....	29
Figura 11	Processo contínuo de avaliação da exposição .....	38
Figura 12	VLE: elementos básicos.....	62
Figura 13	Propagação de contaminantes.....	64
Figura 14	Sistema <i>push-pull</i> .....	65
Figura 15	Operação de solda com e sem o uso da iluminação Tyndall .....	65
Figura 16	Tubo de fumaça .....	66
Figura 17	Classificação dos equipamentos de proteção respiratória .....	68
Figura 18	Seleção da cobertura das vias aéreas e do tipo de respirador .....	69
Figura 19	Processo básico esquematizado ( <i>COSHH Essentials</i> ) .....	73
Figura 20	Esquema geral da estratégia SOBANE de gestão de riscos.....	76
Figura 21	Representação esquemática das principais regiões do trato respiratório e sua correspondência com as frações inalável, torácica e respirável.....	79
Figura 22	Formação de HPAs .....	84
Figura 23	PCDD e PCDF .....	87

Figura 24	Processo <i>shell molding</i> .....	91
Figura 25	Número de substâncias identificadas antes e depois da ação fiscal. ....	110
Figura 26	Maiores jornadas de trabalho dos setores produtivos .....	120

## **Lista de equações**

Equação 1: Índice de efeitos aditivos .....	46
Equação 2: Fator de redução do modelo Brief & Scala.....	57

## Lista de tabelas

Tabela 1	Tipos de metais fundidos por países produtores (em mil toneladas) em 2010 .....	3
Tabela 2	Registro de CAT total e CAT doenças ocupacionais no Brasil e em SP entre 2009 e 2011 .....	7
Tabela 3	Tamanho de subgrupos que contém, pelo menos, um trabalhador com alta exposição .....	42
Tabela 4	Comparativo entre TLV da ACGIH e LT da NR-15 .....	54
Tabela 5	Mortes por silicose, entre 1990 e 1999, reportadas em indústrias americanas .....	80
Tabela 6	Casos de silicose em uma fundição na China entre 1980 e 2008 .....	82
Tabela 7	Potencial de formação de dioxinas .....	89
Tabela 8	Mortalidades e SMRs de todas as causas e vários tipos de câncer entre trabalhadores de uma fábrica de fundição .....	99
Tabela 9	Comparativo entre substâncias identificadas antes e depois da ação fiscal .....	112
Tabela 10	Quantidade de subprodutos identificados antes e depois da ação fiscal .....	113
Tabela 11	Número total de GESs e grupos com mais de 7 trabalhadores em cada fundição antes e depois da ação fiscal .....	117
Tabela 12	Comparativo entre o número de trabalhadores dos GESs e de avaliados referente à sílica: fundição B .....	118
Tabela 13	Comparativo entre o número de trabalhadores dos GESs e de avaliados referente à sílica: fundição C .....	119
Tabela 14	Número de coletas (TWA) dentro das faixas de tempo de coleta em relação à jornada de trabalho antes da ação fiscal .....	121
Tabela 15	Número de coletas (TWA) dentro das faixas de tempo de coleta em relação à jornada de trabalho depois da ação fiscal .....	121
Tabela 16	Quantidade de avaliações por número de amostragens (dias de coleta) antes da ação fiscal .....	123

Tabela 17	Quantidade de avaliações por número de amostragens (dias de coleta) depois da ação fiscal .....	123
Tabela 18	Substâncias químicas com limites TLV-STEL ou valor-teto estabelecidos .....	124
Tabela 19	Quantidade e resultados de avaliações de curta duração ou valor-teto antes e depois da ação fiscal .....	125
Tabela 20	Relação percentual entre concentração e LEO antes da ação fiscal .....	129
Tabela 21	Relação percentual entre concentração e LEO depois da ação fiscal .....	130
Tabela 22	Resultados de avaliações de sílica livre com concentrações acima do LT (N-15) antes da intervenção fiscal.....	131
Tabela 23	Resultados de avaliações de sílica livre com concentrações acima do LT (N-15) depois da intervenção fiscal.....	132
Tabela 24	Redução de LEO pelo modelo Brief & Scala.....	134
Tabela 25	Responsáveis pelo reconhecimento dos riscos, coleta e análise laboratorial antes e depois da ação fiscal .....	138
Tabela 26	Descrição, no PPRA das fundições, das medidas de controle existentes antes e depois da ação fiscal .....	140
Tabela 27	Monitoramento biológico: fundição A.....	145
Tabela 28	Monitoramento biológico: fundição B.....	147
Tabela 29	Monitoramento biológico: fundição C .....	148
Tabela 30	Monitoramento biológico: fundição D .....	149
Tabela 31	Monitoramento biológico: fundição E.....	150
Tabela 32	Qualidade técnica das radiografias segundo critério da OIT (INTERNATIONAL LABOR OFFICE, 2011) .....	151
Tabela 33	Monitoramento biológico: correlação entre identificação de substâncias químicas no PPRA e no PCMSO .....	154

## Lista de quadros

Quadro 1	Doenças ocupacionais não fatais registradas em alguns países .....	6
Quadro 2	Fontes de informação: compreensão do risco.....	31
Quadro 3	Modelo de conteúdo de inventário químico .....	32
Quadro 4	Produtos empregados ou gerados no processo de fundição de ferrosos .....	33
Quadro 5	Sistema de classificação de exposição ocupacional .....	43
Quadro 6	Aplicação da ventilação local e geral exaustora.....	62
Quadro 7	Abordagem das medidas de controle .....	72
Quadro 8	Característica dos quatro níveis da estratégia SOBANE.....	77

## Lista de abreviaturas e siglas

<b>ABIFA</b>	Associação Brasileira de Fundição
<b>ABNT</b>	Associação Brasileira de Normas Técnicas
<b>ACGIH</b>	American Conference of Governmental Industrial Hygienists
<b>AIHA</b>	American Industrial Hygiene Association
<b>ATSDR</b>	Agency for Toxic Substances & Diseases Registry
<b>BLVs</b>	Biological Limit Values
<b>BOELVs</b>	Binding Occupational Exposure Limit Values
<b>BS</b>	British Standards
<b>CA</b>	Certificado de Aprovação
<b>CAT</b>	Comunicação de Acidente do Trabalho
<b>CB</b>	Control Banding
<b>CCOHS</b>	Canadian Centre for Occupational Health and Safety
<b>EPR</b>	Equipamento de Proteção Respiratória
<b>ESIS</b>	European Chemical Substances Information System
<b>FISPQ</b>	Fichas de Informação de Segurança de Produtos Químicos
<b>Fundacentro</b>	Fundação Jorge Duprat de Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho
<b>GES</b>	Grupo de Exposição Similar
<b>HPAs</b>	Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos
<b>HSE</b>	Health and Safety Executive
<b>IARC</b>	International Agency for Research on Cancer
<b>IBMP</b>	Índice Biológico Máximo Permitido
<b>ICCT</b>	International Chemical Control Toolkit
<b>IDHL</b>	Immediately Dangerous to Health and Life
<b>ILO</b>	International Labor Office
<b>INSHT</b>	Instituto Nacional de Seguridad e Higiene em el Trabajo
<b>INSS</b>	Instituto Nacional do Seguro Social
<b>IOHA</b>	International Occupational Hygiene Association
<b>IOELVs</b>	Indicative Occupational Exposure Limit Values
<b>IPVS</b>	Imediatamente Perigoso à Vida ou à Saúde

<b>ISO</b>	International Organization for Standardization
<b>LEO</b>	Limite de Exposição Ocupacional
<b>LIC</b>	Limite Inferior de Confiança
<b>LSC</b>	Limite Superior de Confiança
<b>LT</b>	Limite de Tolerância
<b>MTE</b>	Ministério do Trabalho e Emprego
<b>NHO</b>	Normas de Higiene Ocupacional
<b>NIOSH</b>	National Institute for Occupational Safety and Health
<b>NMCPHC</b>	Navy and Marine Corps Public Health Center
<b>NRs</b>	Normas Regulamentadoras
<b>NSW</b>	New South Wales
<b>OIT</b>	Organização Internacional do Trabalho
<b>OMS</b>	Organização Mundial da Saúde
<b>OSHA</b>	Occupational Safety and Health Administration
<b>OSHAS</b>	Occupational Health and Safety Advisory Services
<b>PCMAT</b>	Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção Civil
<b>PCMSO</b>	Programa de Controle Médico e Saúde Ocupacional
<b>PEL</b>	Permissible Exposure Limits
<b>PGR</b>	Programa de Gerenciamento de Riscos
<b>PPR</b>	Programa de Proteção Respiratória
<b>PPRA</b>	Programa de Prevenção de Riscos Ambientais
<b>SCOEL</b>	Scientific Committee on Occupational Exposure Limits
<b>SGSST</b>	Sistemas de Gestão em Segurança e Saúde do Trabalhador
<b>SMR</b>	Standardized Mortality Ratio
<b>SRTE/SP</b>	Superintendência Regional do Trabalho e Emprego em São Paulo
<b>SST</b>	Segurança e Saúde no Trabalho
<b>SWA</b>	Safe Work Australia
<b>TLVs</b>	Threshold Limit Values
<b>UNEP</b>	United Nations Environment Programme
<b>WHSQ</b>	Workplace Health and Safety Queensland



## Sumário

<b>Capítulo 1 – Introdução .....</b>	<b>1</b>
1.1 A indústria da fundição.....	1
1.2 A pesquisa .....	7
<b>Capítulo 2 – Materiais e métodos.....</b>	<b>13</b>
2.1 Projeto de fiscalização em indústrias de fundição no estado de São Paulo: parceria SRTE/SP e Fundacentro .....	13
2.2 Análise da gestão de riscos químicos nas indústrias de fundição .....	14
2.3 Prevenção e monitoramento dos danos à saúde dos trabalhadores expostos a agentes químicos .....	16
<b>Capítulo 3 – Descrição do processo produtivo .....</b>	<b>18</b>
3.1 Confeção de modelos .....	19
3.2 Moldagem .....	19
3.3 Confeção do macho .....	23
3.4 Sistemas de cura de machos e moldes .....	23
3.5 Fusão e vazamento .....	24
3.6 Desmoldagem.....	27
3.7 Acabamento: rebarbação e limpeza .....	27
<b>Capítulo 4 – Gestão de riscos ocupacionais .....</b>	<b>29</b>
4.1 Etapas do processo de gestão de risco .....	29
4.2 Análise do risco: a busca pela compreensão do risco .....	30
4.2.1 Identificação do perigo .....	32
4.2.2 Estimativa dos riscos.....	37
4.2.3 Estratégias de amostragem e metodologias das avaliações quantitativas de agentes químicos .....	37

4.3	Valoração dos riscos.....	47
4.3.1	Limites de exposição ocupacional: uma visão geral .....	48
4.3.2	Limites de exposição ocupacional no Brasil .....	53
4.3.3	Relação entre monitoramento ambiental e biológico .....	55
4.3.4	Ajuste dos limites de exposição: modelo matemático Brief & Scala .....	56
4.3.5	Frequência de reavaliação .....	57
4.3.6	Método analítico .....	58
4.4	Medidas de controle.....	59
4.5	Gestão de riscos: experiências internacionais.....	70
4.5.1	Control Banding .....	70
4.5.2	<i>COSHH Essentials</i> : Reino Unido.....	72
4.5.3	<i>International Chemical Control Toolkit (ICCT)</i> – IOHA e OIT .....	73
4.5.4	<i>Simple Scheme for Hazardous Substance (EMKG)</i> , Alemanha.....	74
4.5.5	<i>Stoffenmanager</i> , Holanda.....	75
4.5.6	A estratégia SOBANE, Bélgica.....	75
 <b>Capítulo 5 – Produtos e subprodutos: características e principais danos à saúde dos trabalhadores expostos .....</b>		<b>78</b>
5.1	Sílica .....	78
5.2	Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) .....	83
5.3	Dioxinas e furanos .....	86
5.4	Resinas e catalisadores .....	90
5.5	Fumos metálicos.....	94
5.6	Câncer relacionado ao trabalho em fundições: estudos epidemiológicos.....	96
 <b>Capítulo 6 – Programas de SST no Brasil.....</b>		<b>101</b>
6.1	Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional – PCMSO.....	101
6.2	Programa de Prevenção de Riscos Ambientais – PPRA.....	105

<b>Capítulo 7 – Resultados e discussões .....</b>	<b>109</b>
7.1 Processo de identificação do perigo .....	109
7.2 Estratégia de amostragem.....	114
7.2.1 Definição dos GESs e seleção dos trabalhadores amostrados .....	114
7.2.2 Tempo de coleta em relação à jornada de trabalho.....	119
7.2.3 Número de resultados (dias de coleta).....	122
7.2.4 Exposições de curta duração e valor-teto.....	124
7.2.5 Exposição a misturas de agentes químicos.....	125
7.2.6 Correlação entre substâncias identificadas e avaliadas .....	126
7.2.7 Considerações finais sobre estratégia de amostragem .....	127
7.3 Valoração dos riscos.....	128
7.3.1 O emprego de limites de exposição ocupacional como critério de julgamento da aceitabilidade do risco.....	128
7.3.2 Ajuste dos limites de exposição.....	134
7.3.3 Frequência de reavaliação .....	135
7.3.4 Outros aspectos metodológicos de valoração dos riscos .....	135
7.4 Análise das medidas de controle .....	139
7.4.1 Medidas de controle descritas no PPRA das fundições.....	139
7.4.2 O impacto do resultado das avaliações quantitativas na adoção de medidas de controle.....	141
7.4.3 Higienização de uniformes .....	142
7.5 Análise do PCMSO .....	143
7.5.1 Análise do PCMSO: fundição A.....	144
7.5.2 Análise do PCMSO: fundição B.....	146
7.5.3 Análise do PCMSO: fundição C.....	147
7.5.4 Análise do PCMSO: fundição D.....	149
7.5.5 Análise do PCMSO: fundição E.....	150
7.5.6 Análise da qualidade das telerradiografias de tórax .....	151

7.5.7 Avaliação do PCMSO – considerações finais.....	154
<b>Capítulo 8 – Conclusões.....</b>	<b>156</b>
<b>Referências.....</b>	<b>160</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>177</b>

Anexo A: Proposta de conteúdo mínimo de um programa de gestão de riscos químicos em fundições de ferrosos .....	178
A1. Abordagem qualitativa .....	178
A2. Abordagem quantitativa.....	179
A3. Controle médico .....	181
Anexo B: Termo de Autorização SEGUR/SRTE/SP .....	182

## Capítulo 1

### Introdução

#### 1.1 A indústria da fundição

A fundição de metais é uma atividade essencial para o desenvolvimento industrial do mundo, sendo que:

A produção de fundidos consiste, basicamente, na preparação, fusão e refino de insumos metálicos, seu vazamento em moldes (por gravidade, pressão, centrifugação ou vácuo) e na limpeza e acabamento das peças brutas assim obtidas. (MONTICELLI, 1994, p. 1)

O interesse do homem pela conformação dos metais é milenar. Reardon (2011) aponta que o forjamento do cobre data de 9.000 a.C. e destaca que as primeiras experiências com a fundição de metais ocorreram aproximadamente em 5.000 a.C., com a fusão de cobre.

O tratamento dos metais possibilitou descobertas revolucionárias, como a adição do estanho e do arsênio ao cobre, que deu origem ao bronze (CASOTTI; BEL FILHO; CASTRO, 2011). Essa liga representou tamanha importância que marcou a história humana, resultando na Era do Bronze, 3.000 a.C.

Data de 1.700 a.C., a produção das primeiras peças de ferro fundido pelos hititas (MEDEIROS, 2009), povo indo-europeu com importância semelhante aos egípcios e que habitou a região da Turquia aproximadamente em 1.500 a.C. (PARKER, 1995). Isso foi possível devido à construção de fornos mais adequados (MEDEIROS, 2009). Importante destacar que, posteriormente, foi introduzido o carvão à fusão do ferro, conferindo-lhe maior resistência (CASOTTI; BEL FILHO; CASTRO, 2011).

Somente no século XVII surgem os primeiros relatos de estudos científicos acerca da resistência dos metais (CASOTTI; BEL FILHO; CASTRO, 2011).

Em 1740, o inglês Benjamim Huntsman desenvolve o processo de fundição do aço (REARDON, 2011).

Durante a segunda Guerra Mundial, houve significativos avanços nos estudos científicos da produção do ferro fundido: “Em 1949 os investigadores Gaguerin, Millis e Pilliny conseguiram produzir o ferro nodular substituindo o cério pelo magnésio, que ainda hoje é o nodularizante mais utilizado” (LOURENÇO, 2006, p. 8).

Atualmente, os fundidos ferrosos são classificados em brancos, mesclados, cinzentos, nodulares, vermiculares, maleáveis e aços (CASOTTI; BEL FILHO; CASTRO, 2011).

No Brasil, conforme apontam Casotti, Bel Filho e Castro (2011), a primeira casa de fundição data de 1580, em São Paulo, e fundia ouro. Os referidos autores destacam que “a fundição de ferro passou a ser feita a partir do século XVII” (CASOTTI; BEL FILHO; CASTRO, 2011, p. 124).

Devido a acordos firmados com a Inglaterra, o Brasil Colônia não expandiu sua indústria do ferro por aproximadamente 200 anos, retomando suas atividades em 1808 com a vinda da família real portuguesa (MEDEIROS, 2009).

Imigrantes com conhecimentos tecnológicos em fundições foram responsáveis, no início do século XX, pelo desenvolvimento do setor. Diversas indústrias foram fundadas nesse período: Dedini (1920) e Romi (1930) em Piracicaba/SP, Tupy (1938) em Joinville/SC, Lepe (1949) em São Paulo/SP, dentre outras (MEDEIROS, 2009).

Com a chegada das indústrias automotivas, nos anos 1950, as fundições tiveram grande impulso no Brasil (MEDEIROS, 2009).

Atualmente, no que tange às fundições no mundo, destaca-se que, em 2010, aproximadamente 88% da produção mundial da indústria da fundição de metais estavam concentradas em apenas dez países: China, Índia, Estados

Unidos, Alemanha, Japão, Rússia, Brasil, Coréia do Sul, Itália e França (HOLTZER; DANKO; ZYMANKOWSKA-KUMON, 2012).

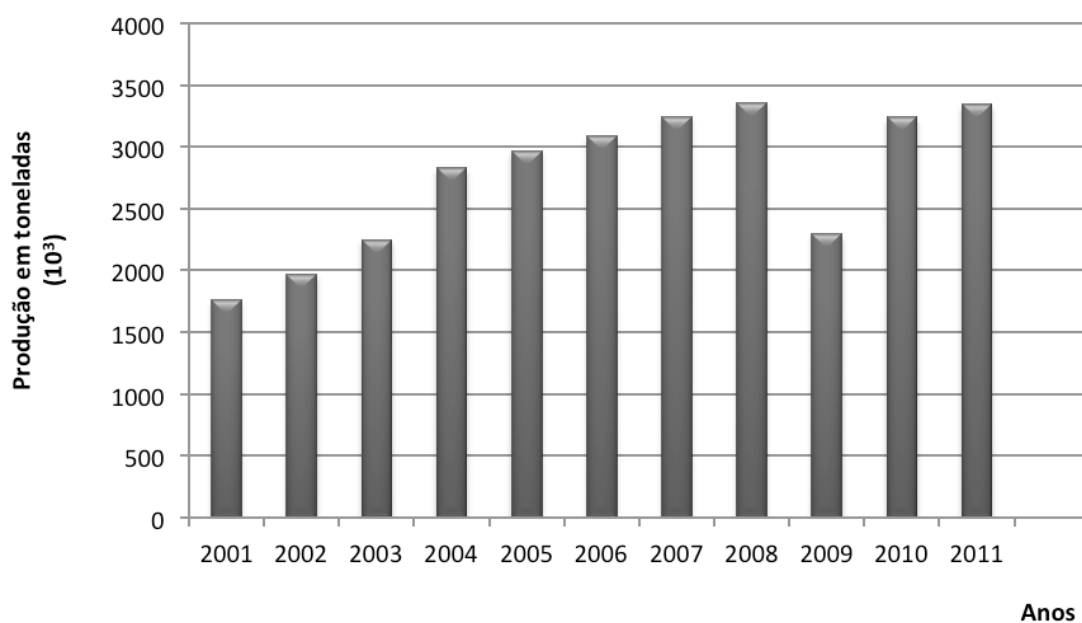
Desse grupo, a China desponta como o maior produtor de metais fundidos com 39.600 mil toneladas por ano. A produção dos demais países, no ano de 2010, também está disposta na Tabela 1. Importante observar que a produção de ferro fundido cinzento predomina dentre os demais materiais, representando mais de 48% do total (HOLTZER; DANKO; ZYMANKOWSKA-KUMON, 2012).

**Tabela 1** Tipos de metais fundidos por países produtores (em mil toneladas) em 2010

<b>País</b>	<b>Ferro cinzento</b>	<b>Ferro nodular</b>	<b>Aço</b>	<b>Não ferrosos</b>	<b>Total</b>
China	19.600	9.900	5.300	4.800	39.600
Índia	6.180	1.050	1.070	750	9.050
EUA	2.630	2.750	0,980	1.870	8.230
Alemanha	2.180	1.490	192	930	4.792
Japão	2.160	1.350	207	1.040	4.757
Rússia	1.740	1.260	700	500	4.200
Brasil	1.940	786	243	273	3.422
Coréia Sul	1.040	653	157	382	2.232
Itália	630	405	64	870	1.969
França	623	916	85	333	1.957

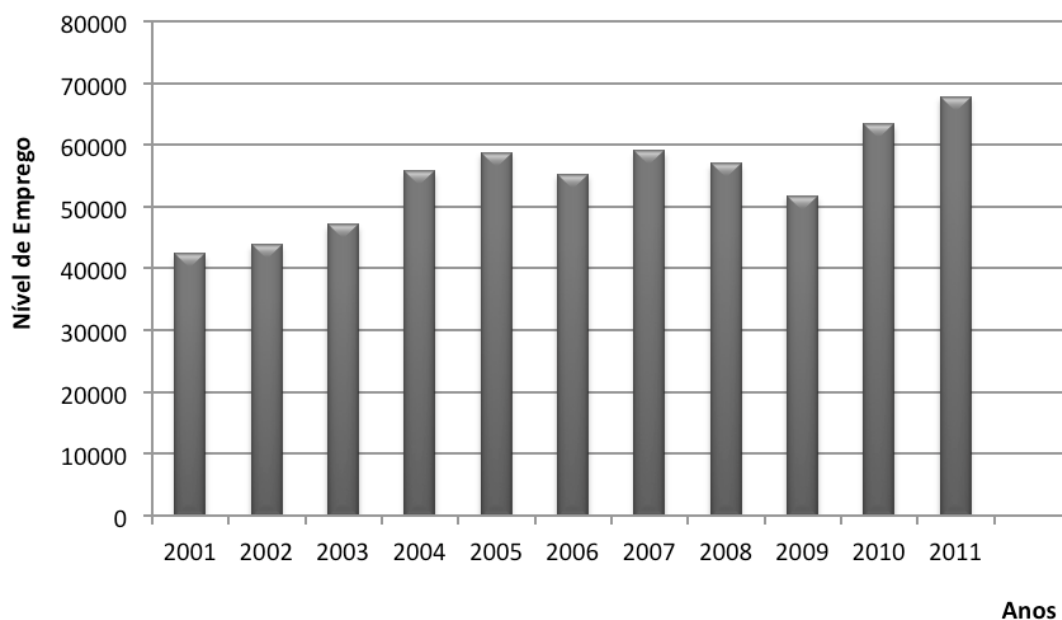
Fonte: Modern Casting Staff (2011)

Conforme se observa na Tabela 1, o Brasil é o sétimo produtor mundial de metais fundidos, ultrapassando, em 2006, a barreira dos 3 milhões de toneladas por ano, conforme evolução apresentada na Figura 1.



**Figura 1** Evolução brasileira na produção de fundidos  
 Fonte: Associação Brasileira de Fundição (2012).

No Brasil, a indústria da fundição emprega mais de 60 mil trabalhadores, conforme evolução apresentada na Figura 2. Representa, dessa forma, significativo setor produtivo.



**Figura 2** Evolução do nível de emprego na indústria da fundição no Brasil  
 Fonte: Associação Brasileira de Fundição (2012).



Ao mesmo tempo em que a fundição de metais ferrosos é uma atividade econômica importante em vários países, assim como no Brasil, seu processo produtivo resulta na exposição dos trabalhadores a uma variedade de substâncias químicas relevantes do ponto de vista toxicológico. Dentre elas, destacam-se a sílica, o monóxido de carbono, os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) e os compostos de níquel e de cromo. A introdução de aglomerantes no processo produtivo, no final dos anos 1950, teve como consequência a exposição a outras substâncias, como fenol e formaldeído, e a agentes químicos do grupo isocianatos e aminas. Além disso, a atividade ocupacional em fundições de metais ferrosos é classificada pela International Agency for Research on Cancer (IARC) como carcinogênica para seres humanos (INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER, 2012a).

Nessa atividade, assim como em tantas outras, os trabalhadores estão sujeitos ao desenvolvimento de doenças ocupacionais resultantes de sua exposição a agentes químicos tóxicos, os quais caracterizam fatores de risco advindos da atividade laboral desenvolvida. O estabelecimento do nexo de causalidade entre exposição e doença é fundamental para sua classificação como oriunda do ambiente de trabalho (INTERNATIONAL LABOR OFFICE, 2013).

Estima-se que 2,34 milhões de pessoas morram a cada ano, no mundo, em decorrência de acidentes e doenças ocupacionais. A maioria desses casos – aproximadamente 2,02 milhões – deve-se à variedade de adoecimentos relacionados ao trabalho (INTERNATIONAL LABOR OFFICE, 2013).

A Organização Internacional do Trabalho (OIT) estima que aproximadamente 160 milhões de doenças ocupacionais não fatais ocorram a cada ano no mundo. Os Estados Unidos, por exemplo, registraram um total de 207.500 casos em 2011 (INTERNATIONAL LABOR OFFICE, 2013). Alguns registros desse tipo de adoecimento em outros países estão dispostos no Quadro 1.

**Quadro 1** Doenças ocupacionais não fatais registradas em alguns países

<b>País</b>	<b>Ano do registro</b>	<b>Nº de casos registrados</b>	<b>Principais doenças registradas</b>
Estados Unidos	2011	207.500	Doenças de pele, perda auditiva, doenças respiratórias.
China	2010	27.240	Mais de 23 mil casos de doenças ocupacionais devidos à exposição à poeira.
Argentina	2010	22.013	Lesões musculoesqueléticas e doenças respiratórias.
Japão	2011	7.779	Distúrbios na coluna lombar e pneumoconioses.
Reino Unido	2011	5.920	Pneumoconioses, mesotelioma difuso e osteoartrite.

Fonte: International Labor Office (2013)

No Brasil, em 2011, foram registradas 538.480 comunicações de acidente do trabalho (CAT). Dessas, 15.083 (2,80%) referiam-se a doenças ocupacionais. No estado de São Paulo, no mesmo período, registraram-se 202.801 CAT, com 5.459 (2,69%) doenças relacionadas ao trabalho (MINISTÉRIO DA PREVIDÊNCIA SOCIAL; INSTITUTO NACIONAL DO SEGURO SOCIAL; EMPRESA DE TECNOLOGIA E INFORMAÇÕES DA PREVIDÊNCIA SOCIAL, 2011).

Desperta atenção, conforme destacado na Tabela 2, que, entre 2009 e 2011, o número dos registros de doenças ocupacionais decresceu no Brasil e em São Paulo, assim como a relação percentual deste para com o total de comunicações de acidente (MINISTÉRIO DA PREVIDÊNCIA SOCIAL; INSTITUTO NACIONAL DO SEGURO SOCIAL; EMPRESA DE TECNOLOGIA E INFORMAÇÕES DA PREVIDÊNCIA SOCIAL SOCIAL, 2011).

Na legislação brasileira, o registro da ocorrência ou da suspeita do desenvolvimento de doenças ocupacionais decorrentes da exposição aos agentes químicos listados nos Quadros I e II da NR 07 é obrigatório por intermédio da comunicação de acidentes do trabalho à Previdência Social (BRASIL, 1978a).

Segundo Rocha (2011), o desconhecimento das características do ambiente de trabalho e a falta de diagnóstico das doenças ocupacionais na fase

subclínica colaboram para a subnotificação dos agravos à saúde e consequente ausência de adoção de medidas de prevenção por parte das organizações.

**Tabela 2** Registro de CAT total e CAT doenças ocupacionais no Brasil e em SP entre 2009 e 2011

Ano	CAT – Total (nº)		CAT – Doença (nº)		CAT Doença/Total (%)	
	Brasil	SP	Brasil	SP	Brasil	SP
	2009	534.248	198.881	19.570	6.492	3,66
2010	529.793	199.274	17.177	5.973	3,24	3,00
2011	538.480	202.801	15.083	5.459	2,80	2,69

Fonte: Ministério da Previdência Social; Instituto Nacional do Seguro Social; Empresa de Tecnologia e Informações da Previdência Social (2011)

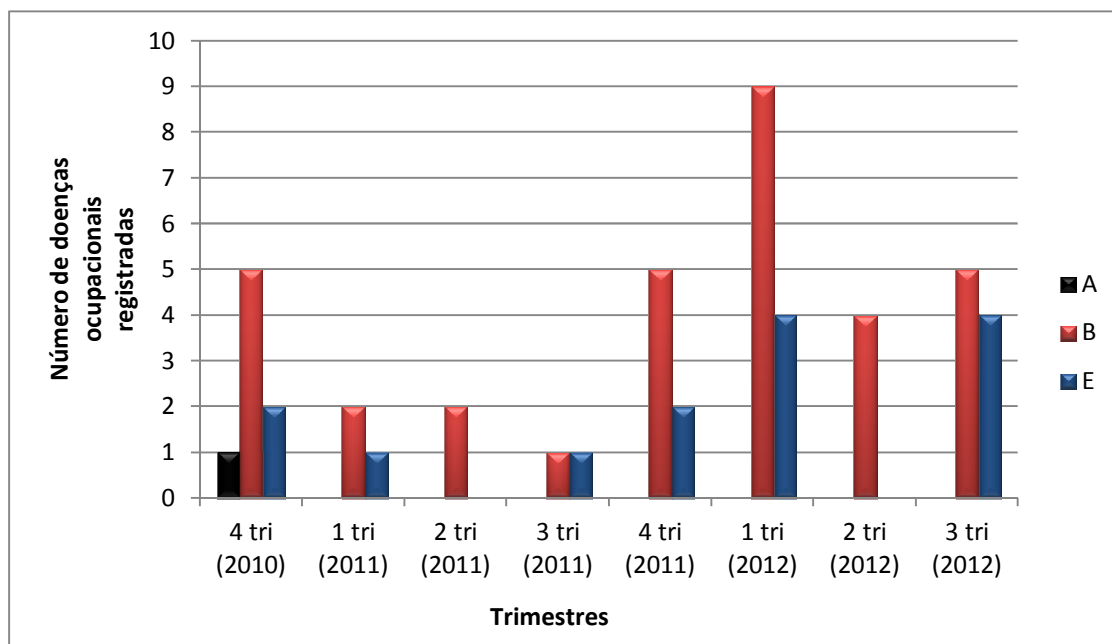
## 1.2 A pesquisa

Diante desse cenário, em 2011, o Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), por intermédio da parceria entre a Superintendência Regional do Trabalho e Emprego do Estado de São Paulo (SRTE/SP) e a Fundacentro, desenvolveu um projeto de fiscalização em fundições de metais ferrosos em São Paulo. A escolha desse ramo de atividade está relacionada com a variedade de fatores de risco presentes nesses ambientes.

Segundo dados<sup>1</sup> dessa fiscalização do trabalho, as cinco fundições de metais ferrosos objetos da ação fiscal, todas instaladas no estado de São Paulo (identificadas nesta pesquisa como fundições A, B, C, D e E), não registraram, entre o quarto trimestre de 2010 e o terceiro de 2012, adoecimentos por exposição a agentes químicos, sendo que todos os casos de CAT de doenças ocupacionais, no mencionado período, referem-se a distúrbios musculoesqueléticos. Ainda assim, conforme evolução apresentada na Figura 3,

<sup>1</sup> Informações do banco de dados da fiscalização, não disponíveis ao público. Sua utilização e divulgação nesta dissertação foram autorizadas pelas autoridades competentes, desde que preservada a identidade das organizações inspecionadas.

praticamente só as organizações B e E registraram esse tipo de adoecimento no referido período.



**Figura 3** Evolução dos registros de doenças ocupacionais entre o 4º trimestre de 2010 e o 3º de 2012 nas indústrias avaliadas (fundições C e D não apresentaram registros)

Fonte: Informações extraídas do banco de dados da SRTE/SP em 2013

Duas questões justificam o desenvolvimento deste trabalho. A primeira é a busca pela compreensão das características da gestão de riscos químicos no âmbito das referidas indústrias que, apesar da toxicidade das substâncias empregadas e dos subprodutos gerados no processo produtivo, não registraram doenças ocupacionais pela exposição a esses agentes nos últimos anos. Segundo Rocha (2011), questões econômicas e jurídicas também são responsáveis por eventuais subnotificações de doenças ocupacionais aos órgãos públicos. Entretanto, neste trabalho, a análise restringiu-se aos aspectos operacionais da gestão de riscos ocupacionais, compreendidas, segundo Roxo (2004), pelas etapas de avaliação e controle dos riscos.

A segunda é o fato de não terem sido encontrados registros de pesquisas realizadas em São Paulo que tenham avaliado detalhadamente a gestão de risco

de empresas do referido ramo de atividade e acompanhado suas eventuais melhorias, embora diversos estudos, tais como Westberg et al. (2005), Silva (2010), Liljelind et al. (2010), LV et al. (2011) e Andersson et al. (2012), dentre outros, tenham sido publicados nos últimos anos descrevendo particularidades dos agentes químicos presentes no processo de fundição de metais ferrosos no que tange à concentração e aos aspectos toxicológicos.

Devido à complexidade da atividade produtiva em análise, aos diversos agentes químicos empregados nesse processo e à presença, no ambiente de trabalho, de subprodutos originados em reações secundárias, a gestão de risco desse segmento industrial não é tarefa trivial. Para o efetivo controle dos agentes químicos no ambiente de trabalho, os profissionais da empresa responsáveis pela gestão de riscos devem conhecer, dentre outras informações, as características dos agentes químicos armazenados e utilizados pela empresa e identificar situações em que a utilização das substâncias tenha potencial para causar danos à saúde do trabalhador (RIBEIRO, PEDREIRA FILHO; RIEDERER, 2007).

Além do conhecimento do processo produtivo, os profissionais de segurança e saúde do trabalhador (SST) devem reunir informações acerca dos perigos envolvidos nas atividades produtivas. Esses dados podem ser obtidos pela entrevista com os trabalhadores e na ficha de segurança dos produtos químicos, dentre outras fontes (ROXO, 2004).

Entretanto, mesmo tendo acesso a informações dos agentes químicos presentes no processo, alguns profissionais têm dificuldades na interpretação desses dados, e uma adequada gestão de riscos pressupõe preparo profissional para a correta identificação dos perigos afetos a cada atividade (BUSCHINELLI; KATO, 2012).

Dessa forma, o presente trabalho disponibiliza à sociedade e, particularmente, aos profissionais de segurança e saúde do trabalho informações detalhadas acerca do conteúdo mínimo de uma adequada gestão de riscos dos agentes químicos em fundições de metais ferrosos.

O objetivo geral desta pesquisa é identificar as particularidades e as ineficiências da gestão de risco da exposição dos trabalhadores a agentes químicos em fundições de metais ferrosos no estado de São Paulo e seu reflexo no controle da saúde ocupacional dos trabalhadores.

Os objetivos específicos são:

- a) verificar se os agentes químicos significativos do ponto de vista toxicológico e os subprodutos mais importantes derivados das reações ocorridas nas diversas etapas do processo produtivo foram corretamente identificados;
- b) analisar se as estratégias e metodologias de amostragem das avaliações quantitativas de agentes químicos permitem a obtenção de resultados confiáveis e representativos;
- c) analisar os resultados das avaliações de riscos químicos e a confiabilidade dos respectivos critérios de aceitabilidade;
- d) conferir se as medidas de controle estão adequadamente descritas nos programas de SST, se existem critérios e mecanismos de verificação de sua eficácia e qual o impacto do resultado das avaliações quantitativas na definição dessas ações;
- e) conferir se o Programa de Prevenção de Riscos Ambientais das organizações está articulado com o Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional;
- f) analisar a qualidade das telerradiografias de tórax segundo os critérios estabelecidos pela OIT;
- g) identificar as melhorias na gestão de risco das fundições visitadas após orientações direcionadas;
- h) destacar os principais itens que devam constar em um programa de gestão de risco em fundições de metais ferrosos.

Para tanto, após a descrição dos materiais e dos métodos utilizados neste trabalho, serão apresentadas as características principais do ramo de atividade pesquisado, descrevendo-se as etapas mais comuns do processo produtivo de

fundição de metais ferrosos, como a confecção de modelos, moldes e machos, os sistemas de cura de machos e moldes, a fusão, o vazamento, a desmoldagem e o acabamento.

Em seguida, serão descritas as etapas do processo de gestão de riscos ocupacionais, conforme modelo proposto por Roxo (2004): avaliação de risco – que compreende a análise de risco (identificação do perigo e dos trabalhadores expostos e estimativa do risco) e sua valoração – e o controle dos riscos.

Adicionalmente, apresentar-se-ão alguns exemplos internacionais de ferramentas de gestão de riscos ocupacionais, como o *Control Banding*, o *COSHH Essentials*, o *International Chemical Control Toolkit* (ICCT), o *Simple Scheme for Hazardous Substance* (EMKG), o *Stoffenmanager* e a estratégia Sobane.

Posteriormente, será apresentada a revisão da literatura acerca dos principais produtos empregados no processo produtivo, dos subprodutos gerados, suas características e os potenciais danos à saúde dos trabalhadores expostos a essas substâncias químicas.

Igualmente, merecerá destaque, neste trabalho, o relato acerca das características dos principais programas de SST normatizados no Brasil: Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO) e o Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA).

Em seguida, serão apresentados e discutidos os resultados do presente trabalho, com a comparação entre os dados obtidos antes e depois da intervenção fiscal do trabalho, especialmente no que tange à análise do processo de identificação do perigo, à estratégia de amostragem das avaliações quantitativas, aos critérios de aceitabilidade do risco adotados, às medidas de controle registradas nos programas de SST das fundições pesquisadas e à análise dos dados constantes do PCMSO das referidas indústrias. Também serão apresentados os resultados da análise da qualidade, realizada pela Fundacentro, de uma amostra de telerradiografias de tórax de empregados das fundições, segundo os critérios da OIT.

Por fim, com fundamento na revisão da literatura e nos resultados da ação fiscal do trabalho nas fundições pesquisadas, será proposto um conteúdo mínimo que deve integrar os programas de gestão de riscos químicos em fundições de metais ferrosos.



## Capítulo 2

### Materiais e métodos

Na presente pesquisa, utilizaram-se:

- a) dados secundários oriundos das ações fiscais da Superintendência Regional do Trabalho e Emprego do Estado de São Paulo (SRTE/SP) obtidos diretamente em banco de dados da fiscalização. Embora não disponíveis ao público, a divulgação dessas informações, nesta dissertação, foi devidamente permitida pelas autoridades competentes, conforme Termo de Autorização da SRTE/SP reproduzido no Anexo B desse trabalho;
- b) dados de inspeções realizadas em cinco fundições de metais ferrosos no estado de São Paulo e filmagem do processo produtivo no intuito de subsidiar a análise de riscos. Dados e filmagens fazem parte do projeto de fiscalização desenvolvido pela parceria entre SRTE/SP e Fundacentro.

O enfoque da pesquisa é essencialmente quantitativo, apesar da obtenção de informações ser qualitativa.

A gestão de riscos das fundições foi analisada comparativamente, antes e após a intervenção fiscal, para identificar eventuais melhorias adotadas em função das mudanças e das alterações solicitadas pelos representantes do governo brasileiro em reuniões realizadas na SRTE/SP.

#### **2.1 Projeto de fiscalização em indústrias de fundição no estado de São Paulo: parceria SRTE/SP e Fundacentro**

No primeiro semestre de 2010, um grupo de trabalho formado por representantes da SRTE/SP e da Fundacentro reuniu-se no intuito de definir

ações conjuntas para fiscalização das indústrias de fundição devido à gravidade das lesões provocadas por máquinas e equipamentos e à possibilidade da ocorrência de agravos à saúde em trabalhadores expostos a agentes químicos (com ênfase na sílica livre cristalizada e nos fumos metálicos) e a agentes físicos, como calor, ruído e radiações não ionizantes.

Após consulta ao banco de dados da SRTE/SP, selecionaram-se cinco fundições no estado de São Paulo, com mais de 500 empregados cada, para o início das ações de fiscalização.

Entre 2011 e 2013, um grupo de trabalho formado por Auditores-Fiscais do Trabalho e pesquisadores da Fundacentro realizaram diversas inspeções nos ambientes de trabalho das referidas fundições.

A metodologia utilizada pelo grupo de trabalho desenvolveu-se nas seguintes etapas:

- a) análise dos programas de SST;
- b) inspeção e filmagem dos ambientes de trabalho;
- c) análise das telerradiografias de tórax por setor especializado da Fundacentro;
- d) notificação das fundições para correção das inadequações normativas detectadas;
- e) reuniões periódicas do referido grupo de trabalho e reinspeção nas referidas indústrias para acompanhamento das melhorias na gestão de riscos das fundições.

## **2.2 Análise da gestão de riscos químicos nas indústrias de fundição**

Devido à variedade de substâncias químicas empregadas e aos subprodutos gerados no processo produtivo das indústrias de fundição de metais

ferrosos, bem como à relevância desses agentes no que tange aos aspectos toxicológicos, o presente trabalho restringiu-se à análise dos riscos químicos. Dessa forma, ao limitar o escopo deste trabalho, buscou-se concentrar os esforços de pesquisa no detalhamento das particularidades e das ineficiências da gestão dos riscos oriundos da exposição de trabalhadores aos referidos agentes.

A revisão bibliográfica serviu de base para avaliar a identificação dos perigos nos programas de SST das indústrias pesquisadas. Adicionalmente, os registros das substâncias químicas, nos referidos documentos, foram comparados com um banco de dados constituído pelas fichas de segurança dos produtos químicos de cada fundição.

A estratégia de amostragem eventualmente empregada nas avaliações quantitativas dos produtos e subprodutos potencialmente presentes no ambiente de trabalho foi comparada à metodologia apresentada por Ignacio e Bullock (2006), por Leidel, Busch e Lynch (1977) e pela Fundacentro (2009), dentre outras literaturas técnicas. Para análise da referida estratégia, tomaram-se como parâmetros os critérios de definição dos grupos de exposição similar e de seleção de trabalhadores avaliados, o tempo de coleta em relação à jornada diária de trabalho, a representatividade estatística do número de resultados obtidos e a avaliação da exposição de curta duração, do valor-teto e das misturas de substâncias químicas.

Quanto aos critérios estabelecidos para esta pesquisa relacionados à aceitabilidade do risco, foram utilizados os limites de exposição ocupacional da ACGIH (2012) para todos os agentes químicos. Em relação à sílica livre cristalizada, o limite de tolerância da NR-15 para poeira respirável (BRASIL, 1978c) serviu de parâmetro no intuito de padronizar a interpretação dos resultados das fundições pesquisadas.

Segundo Santos (2001), a medição de particulado total é inadequada para prever os efeitos tóxicos da maioria dos aerodispersóides inalados. Dessa forma, somente foram consideradas, neste trabalho, as avaliações das frações inaláveis, torácicas e respiráveis dos particulados no ambiente de trabalho.

O resultado das avaliações das concentrações dos agentes químicos presentes no ambiente de trabalho, disponíveis no PPRA e em laudos ambientais das fundições analisadas, foi distribuído dentro das faixas estabelecidas na categorização proposta por Ignacio e Bullock (2006) em relação aos limites de exposição e comparado nos dois instantes da pesquisa, antes e depois da intervenção fiscal, para verificação do reflexo de eventuais melhorias nos procedimentos de gestão de risco das fundições.

Com relação às medidas de controle, foram analisadas as informações e os eventuais dados técnicos apresentados no PPRA das fundições, especialmente no que tange à hierarquia das ações apresentada na literatura técnica e, no âmbito nacional, na NR-9 (BRASIL, 1978b).

### **2.3 Prevenção e monitoramento dos danos à saúde dos trabalhadores expostos a agentes químicos**

Os programas de SST das fundições devem estar correlacionados e os perigos identificados da mesma forma em todos eles. Sendo assim, compararam-se os agentes químicos reconhecidos no PPRA e no PCMSO.

Adicionalmente, verificaram-se as substâncias químicas e os subprodutos normalmente dispersos no ambiente de trabalho de fundições de metais ferrosos que possuem limites de monitoramento biológico estabelecidos internacionalmente na ACGIH (2012) e, no âmbito nacional, na NR-7 (BRASIL, 1978a). Posteriormente, analisou-se a previsão de realização de exames complementares no PCMSO das fundições no intuito de constatar a correlação desses com os agentes perigosos identificados.

O grupo de trabalho formado por Auditores-Fiscais do Trabalho e pesquisadores da Fundacentro selecionou amostras de telerradiografias de tórax dos trabalhadores expostos há mais tempo à poeira contendo sílica livre cristalina em cada fundição. Esses exames foram analisados pelo Setor de Medicina da Fundacentro especialmente para verificar a adequação deles aos critérios de classificação radiológica das pneumoconioses definidos pela OIT (2011). Os

resultados da análise desses exames, realizados antes e depois da intervenção fiscal, foram comparados para verificação das eventuais melhorias na qualidade das telerradiografias.

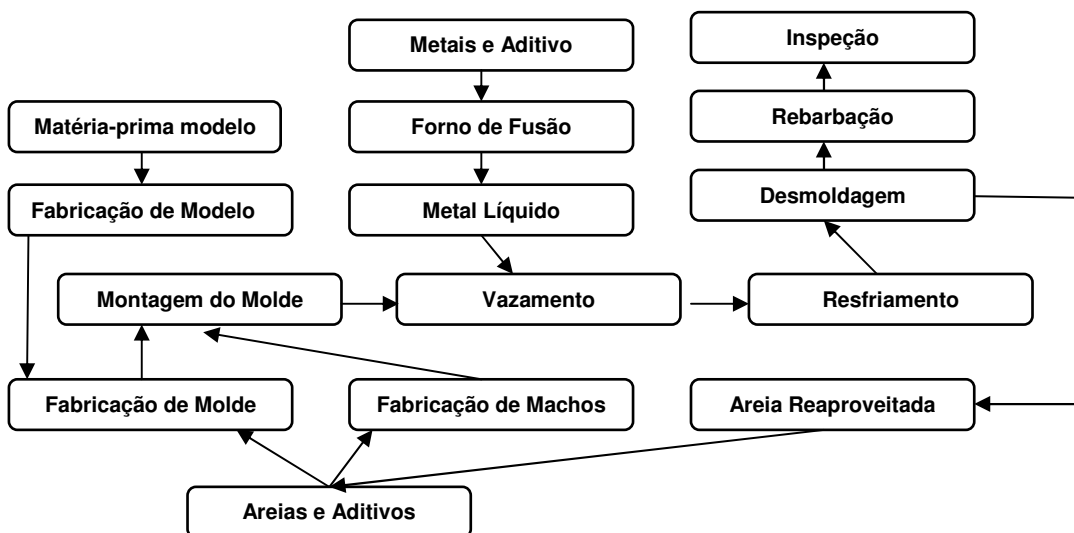
## Capítulo 3

### Descrição do processo produtivo

Não há como avaliar e controlar os riscos em um processo produtivo rico em detalhes, como o da indústria da fundição, sem que se entendam suas particularidades.

Diversos processos são empregados na indústria de fundição de metais. Dentre eles, destacam-se a fundição por pressão (*die casting*), por gravidade, cera perdida e centrifugação. Entretanto, as características centrais do processo podem ser entendidas pela análise das etapas que envolvem a produção de peças metálicas fundidas com emprego de moldes de areia (BEELEY, 2001).

Nessa linha, com a ressalva de que cada organização possui suas peculiaridades produtivas e fabris, em linhas gerais, o processo de fundição, conforme descrito na Figura 4, apresenta as seguintes etapas: confecção de modelos, moldagem, confecção de machos, fusão, vazamento, desmoldagem e acabamento (INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER, 2012a).



**Figura 4** Etapas do processo produtivo na indústria de fundição  
Fonte: Pavanati [2013?]

### 3.1 Confeção de modelos

Para que se possa obter o formato da peça desejado, é necessário o projeto de um molde que possua cavidades onde o metal líquido deva ser vazado. Sendo assim, são construídos modelos com o formato da peça final para que, com eles, sejam fabricadas as quantidades de moldes necessárias (SOARES, 2000).

Essa, portanto, é a primeira etapa do processo de fabricação do fundido (CASOTTI; BEL FILHO; CASTRO, 2011).

Dentre os principais materiais empregados na fabricação dos modelos, destacam-se a madeira, o metal (alumínio e aço são os mais encontrados) e as resinas epóxi (SOARES, 2000).

### 3.2 Moldagem

Após a confecção do modelo, fabricam-se os moldes, que são peças com cavidades de dimensões semelhantes às do produto fundido (CASOTTI; BEL FILHO; CASTRO, 2011).

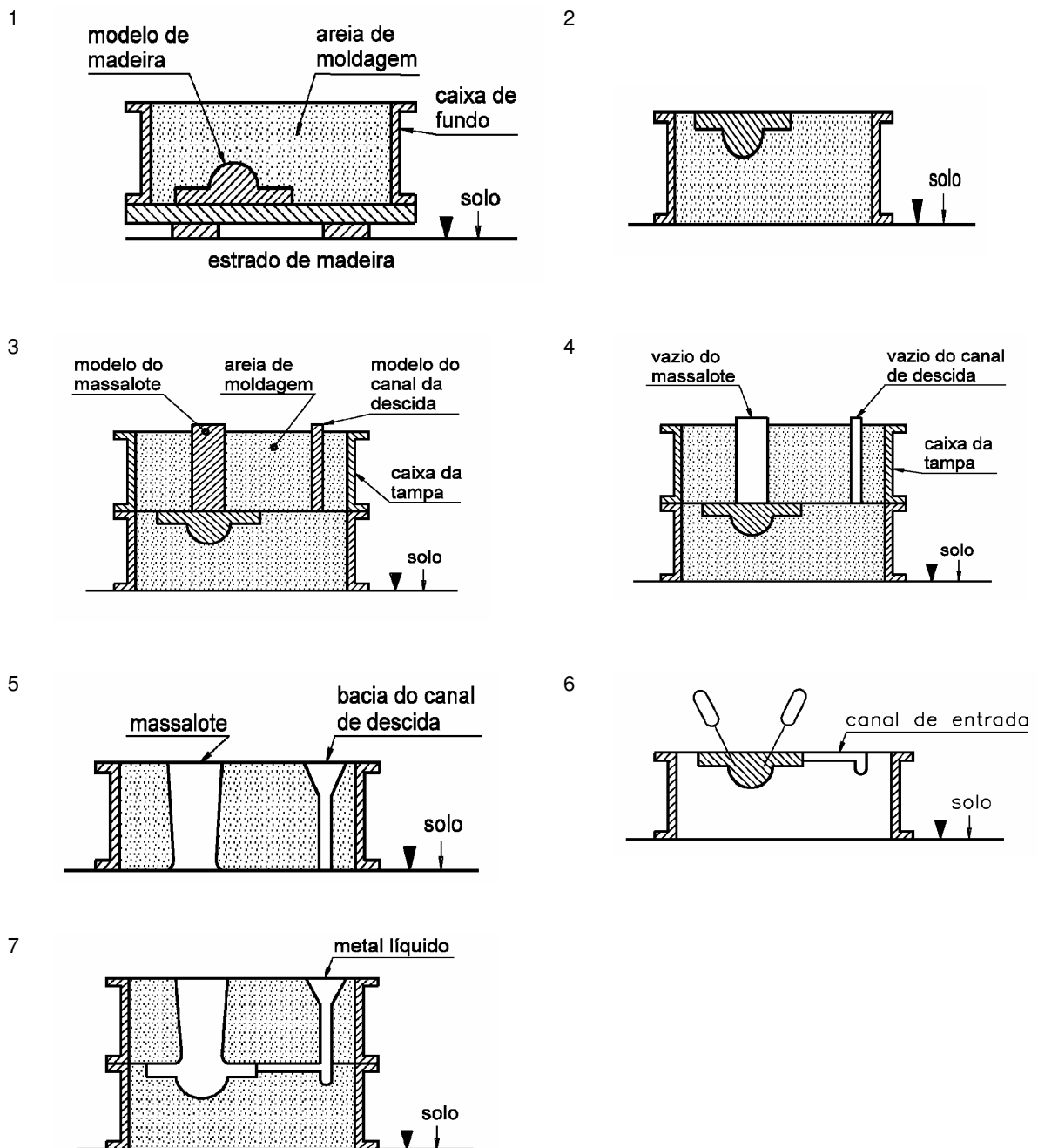
Os moldes devem dispor de algumas propriedades construtivas no intuito de garantir a qualidade das peças metálicas produzidas: a fluidez, que é a capacidade do material de ser compactado até uma densidade uniforme; a refratariedade, que é a capacidade do molde de suportar altas temperaturas sem alterações físicas (BEELEY, 2001); e a colapsibilidade, que representa a perda da resistência da areia após o início da solidificação da peça (SOARES, 2000).

Dentre os processos utilizados na fabricação dos moldes, destacam-se: moldagem com areia verde, *shell molding*, cera perdida e os moldes metálicos permanentes (BURGESS, 1997), estes últimos normalmente empregados em fundições de metais não ferrosos (MORO; AURAS, 2007), razão pela qual não serão descritos neste trabalho.

Na moldagem de cera perdida, o modelo é mergulhado em uma pasta constituída de sílica ou zircônia misturada com água, silicato de sódio ou de etila.

Posteriormente, o molde é aquecido e o modelo derrete, permanecendo somente a casca, que recebe o metal líquido. Este método é ideal para a produção de peças pequenas cuja fabricação é inviável por outros processos (MORO; AURAS, 2007).

A moldagem de areia verde, processo descrito na Figura 5, é fundamentalmente uma composição de areia-base (sílica, cromita ou zirconita), bentonita como aglomerante e água (MORO; AURAS, 2007).



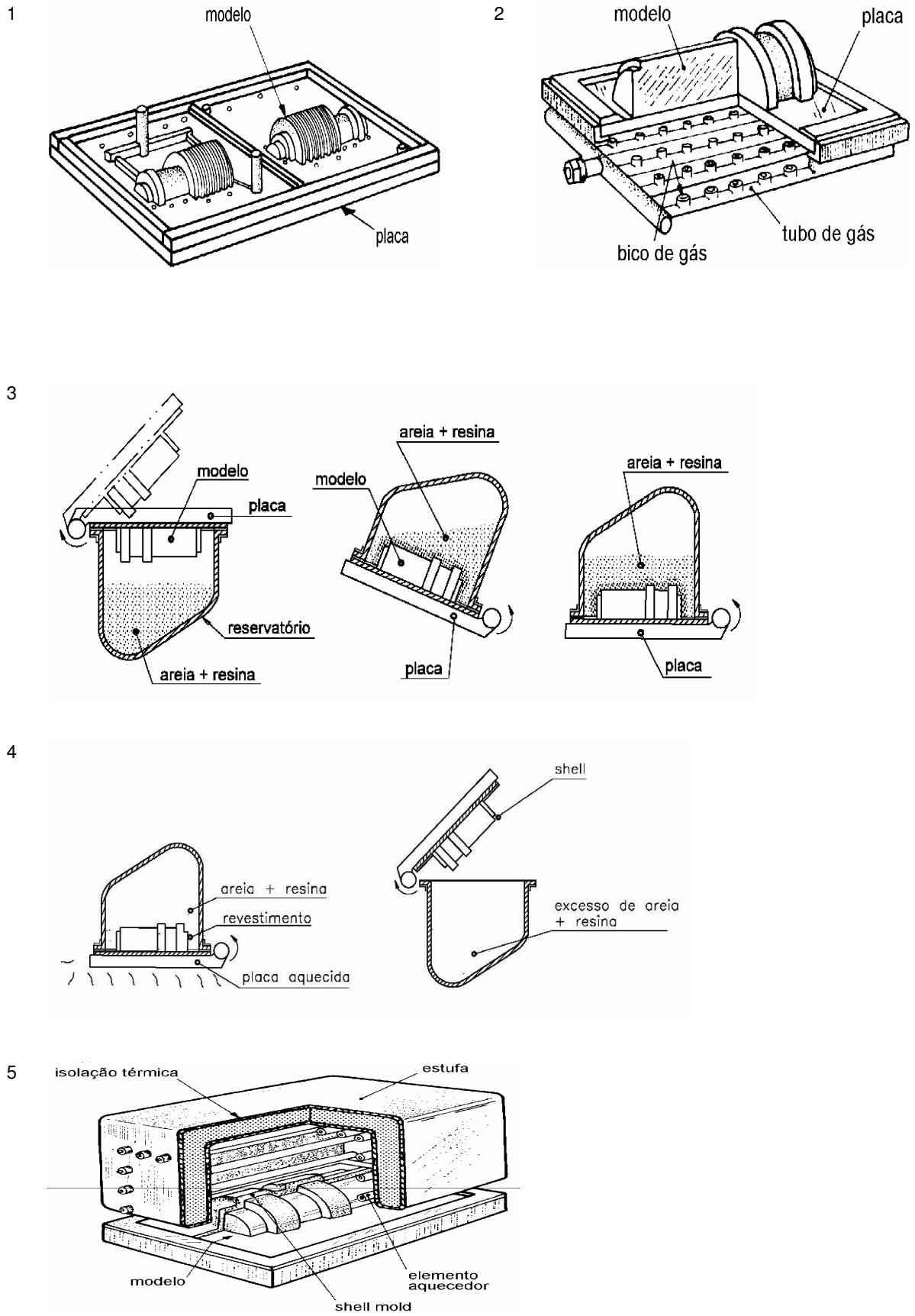
**Figura 5** Moldagem com areia verde  
Fonte: Centro Paula Souza [2000?]



Em regra, o processo de moldagem com areia verde é realizado por intermédio da compactação da areia em uma caixa de moldagem que é dividida em duas partes chamadas de caixa-tampa e caixa-fundo. Inicia-se a referida operação, conforme representação da Figura 5, com a colocação do modelo, coberto com talco ou grafite, na caixa-fundo que, após a compactação da areia, é virada de modo que o modelo fique para cima. Em seguida, a caixa-tampa é colocada sobre a outra caixa e recebe a areia. Os modelos do massalote e do canal de descida são retirados da caixa-tampa e as caixas são separadas. Posteriormente retira-se o modelo da caixa-fundo e, se for o caso, insere-se os machos e colocam-se novamente as caixas uma sobre a outra. Nesse ponto, o molde está pronto para receber o metal líquido a ser vazado (MORO; AURAS, 2007).

A moldagem também pode ser realizada com o emprego do processo de moldes em casca (*shell molding*). A característica deste método é o uso de moldes de paredes finas em que a superfície externa siga o contorno da cavidade interna (BEELEY, 2001).

No processo *shell molding*, representado na Figura 6, um modelo metálico é fixado a uma placa com sistema de alimentadores e canais. Cada placa conta com pinos extratores instalados. A placa é aquecida até atingir a faixa de 200 °C e girada contra um reservatório contendo areia, normalmente misturada com 2% a 7% de resina fenólica. Após 30 segundos, completa-se a adesão dos grãos de areia e a placa volta a sua posição original. A cura da casca ocorre em estufas a temperaturas na faixa de 300 °C a 450 °C. Após 2 minutos, o molde é retirado da placa por intermédio dos referidos pinos extratores. Por fim, as duas partes do molde em casca são unidas por intermédio de grampos, cliques com molas ou cola adesiva (BEELEY, 2001).



**Figura 6** Processo *shell molding*  
 Fonte: Centro Paula Souza [2000?]

### 3.3 Confeção do macho

Determinadas peças fundidas são projetadas para serem vazadas. O macho, portanto, é um dispositivo normalmente confeccionado em areia e montado no interior dos moldes antes que eles sejam fechados a fim de que seja possível a formação de vazios na peça final quando da introdução do metal líquido no molde (CASOTTI; BEL FILHO; CASTRO, 2011).

Embora as técnicas de confeção sejam relativamente similares, existem algumas diferenças significativas nas propriedades necessárias para confeção de moldes e machos. Estes, em geral, possuem formas delicadas e complexas e precisam ser produzidos separadamente dos moldes (BEELEY, 2001).

O macho, que deve ser um elemento refratário, precisa ter características mecânicas suficientes para resistir às altas temperaturas durante o vazamento e, ao mesmo tempo, ser quebradiço para que possa ser retirado da peça final. (BURGESS, 1997). Além disso, precisa oferecer mínima resistência à contração (BEELEY, 2001).

### 3.4 Sistemas de cura de machos e moldes

Na fabricação de machos e moldes, são largamente empregadas resinas ligantes sintéticas (PEIXOTO, 2003). Os principais sistemas são:

- a) cura a frio (*no-bake*): as resinas são combinadas com catalisadores líquidos e essa mistura é aplicada à caixa de machos ou moldes. A cura se dá à temperatura ambiente (PEIXOTO, 2003). Esse sistema pode ser do tipo orgânico ou silicato. Destaca-se, como característica particular, o fato da cura a frio empregar pouca quantidade de resina, menos de 2% da mistura, e o catalisador não passar de 4% da resina (BEELEY, 2001);
- b) cura a quente (*hot box*): a areia é misturada com resinas e catalisadores e aquecida a temperaturas na faixa dos 200°C, com a cura ocorrendo em segundos (PEIXOTO, 2003);

- c) sistemas curados por gasagem (*cold box*): um catalisador gasoso atravessa a mistura de areia e resina anteriormente soprada em uma caixa-macho. A cura, à temperatura ambiente, ocorre em segundos (PEIXOTO, 2003). Normalmente se emprega amina terciária, por exemplo, trietilamina [TEA] como catalisador. Devido ao emprego do referido agente químico, esse sistema de produção deve ser enclausurado no intuito de evitar a propagação de vapores de amina no ambiente de trabalho (BEELEY, 2001).

### 3.5 Fusão e vazamento

O processo completo de fusão — transformação de estado físico do metal de sólido para líquido — inicia-se com a preparação dos materiais que serão fundidos (carga), o pré-aquecimento do forno e das panelas e a fusão da carga no forno (BURGESS, 1997).

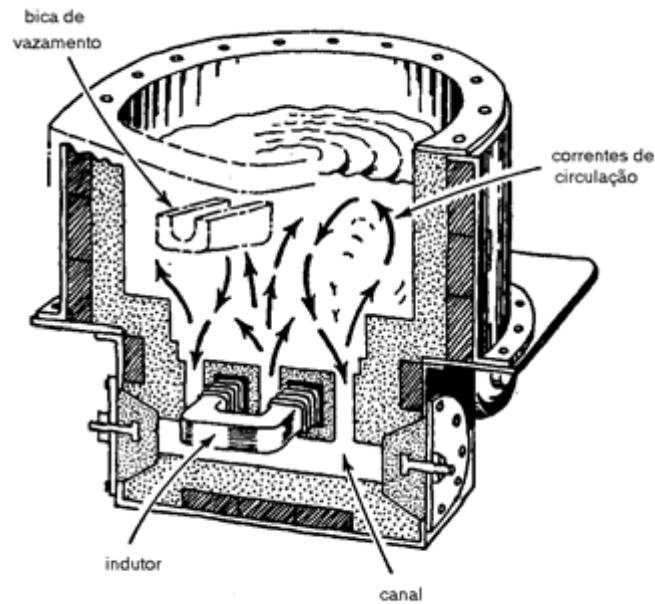
O metal líquido, então, é vazado do forno, conforme demonstrado na Figura 7, para uma panela de transferência para ser distribuído para panelas de vazamento, sendo, por fim, despejado nos moldes (BURGESS, 1997).



**Figura 7** Vazamento do metal fundido  
Fonte: Safe Work Australia (2013)

Diversos fatores são levados em consideração na escolha do tipo de forno empregado no processo de fusão do metal. A seleção é determinada pelo custo, pela qualidade do metal produzido e pelos requisitos de produção e da liga metálica (BEELEY, 2001). Dentre os tipos de fornos empregados em fundição de metais ferrosos, destacam-se:

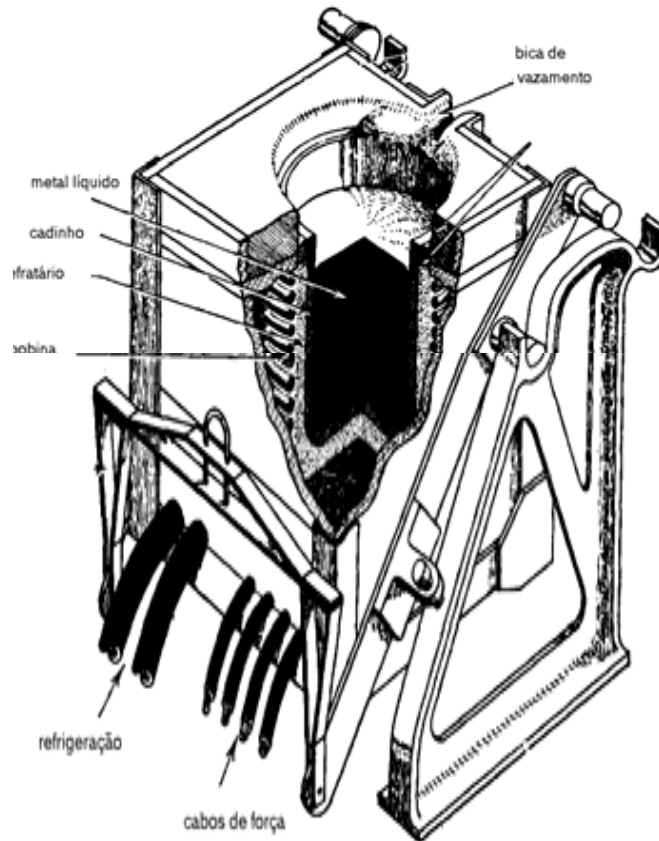
- a) forno a arco: utiliza arco elétrico para fusão de metais dentro de cuba isolada termicamente por material refratário. Existem dois tipos desse forno empregados em fundição de metais: o **forno a arco indireto**, em que a transferência de calor se dá por irradiação e convecção, sendo normalmente empregado na fundição de metais não ferrosos; e o **forno a arco direto**, em que o calor é transferido diretamente para o material da carga pelo arco elétrico, sendo comumente empregado na fusão de ferro e aço. Esse tipo de forno é constituído basicamente, além da referida cuba, por eletrodos cilíndricos de grafite e transformadores elétricos trifásicos. Por fim, ressalta-se que os fornos a arco emitem considerável quantidade de gases e material sólido no ambiente, além do elevado consumo de energia elétrica (MAMEDE FILHO, 2007);
- b) forno de indução a canal: constitui-se de um recipiente isolado termicamente ou mais no qual é depositada a carga de trabalho, (Figura 8). Na parte inferior do forno, localiza-se um canal contendo material fundido da própria carga. Dentro do canal, existem bobinas de indução que envolvem um núcleo magnético. São aplicados normalmente na manutenção de metais fundidos em outros fornos (MAMEDE FILHO, 2007). Devido à necessidade constante de metal líquido no canal, esse tipo de forno só é viável para cargas acima de 10 toneladas em trabalho contínuo (SOARES, 2000);



**Figura 8** Forno de indução a canal

Fonte: Taylor, Flemings e Wulff (1959) apud Soares (2000)

- c) forno de indução a cadinho: constitui-se de um recipiente circular, onde o material é depositado, isolado termicamente e envolvido por uma bobina de indução (MAMEDE FILHO, 2007), conforme ilustrado na Figura 9. Esse tipo de forno é mais versátil que o de indução a canal pela possibilidade de empregar carga totalmente fria e de alterar a composição da carga, justificando a predominância desse tipo em fundições que operam com fornos elétricos (SOARES, 2000);
- d) forno cubilô: emprega o carvão/coque como elemento combustível. O ferro produzido neste tipo pode custar até metade do preço dos oriundos de fornos elétricos, além do baixo investimento inicial na instalação do forno. Entretanto, é altamente poluente e de difícil controle, em particular quando se intenta produzir ferro com baixo carbono e enxofre. Sendo assim, destina-se à produção de ferro de baixa resistência (SOARES, 2000).



**Figura 9** Forno de indução a cadinho  
 Fonte: Taylor, Flemings e Wulff (1959) apud Soares (2000)

### 3.6 Desmoldagem

Após o resfriamento do fundido, a peça é retirada de dentro do molde (CASOTTI; BEL FILHO; CASTRO, 2011).

Essa desmoldagem pode ser realizada por intermédio de instrumentos manuais ou com desmoldadores vibratórios, que, além de separarem a peça do molde, fazem com que a areia desprendida durante o processo caia em silos para posterior tratamento e reaproveitamento (SOARES, 2000).

### 3.7 Acabamento: rebarbação e limpeza

Durante a solidificação, há uma contração do metal. Sendo assim, nos moldes, são construídos reservatórios chamados massalotes, que armazenam metal para compensar os efeitos da referida contração. Além disso, são construídos canais

de vazamento nos moldes, os quais funcionam como dutos condutores do metal líquido proveniente das panelas para o interior do molde (CASOTTI; BEL FILHO; CASTRO, 2011).

Convém ressaltar que, após a desmoldagem, as peças ficam incrustadas pela areia proveniente do molde (CASOTTI; BEL FILHO; CASTRO, 2011). Nas fundições de metais ferrosos, há considerável penetração da areia nas peças fundidas a altas temperaturas (BURGESS, 1997).

Sendo assim, o acabamento compreende as etapas de corte dos canais e dos massalotes, limpeza das peças, normalmente por intermédio de jateamentos com granalha de aço, e rebarbação, usinagem e furação, dependendo do projeto da peça (SOARES, 2000).



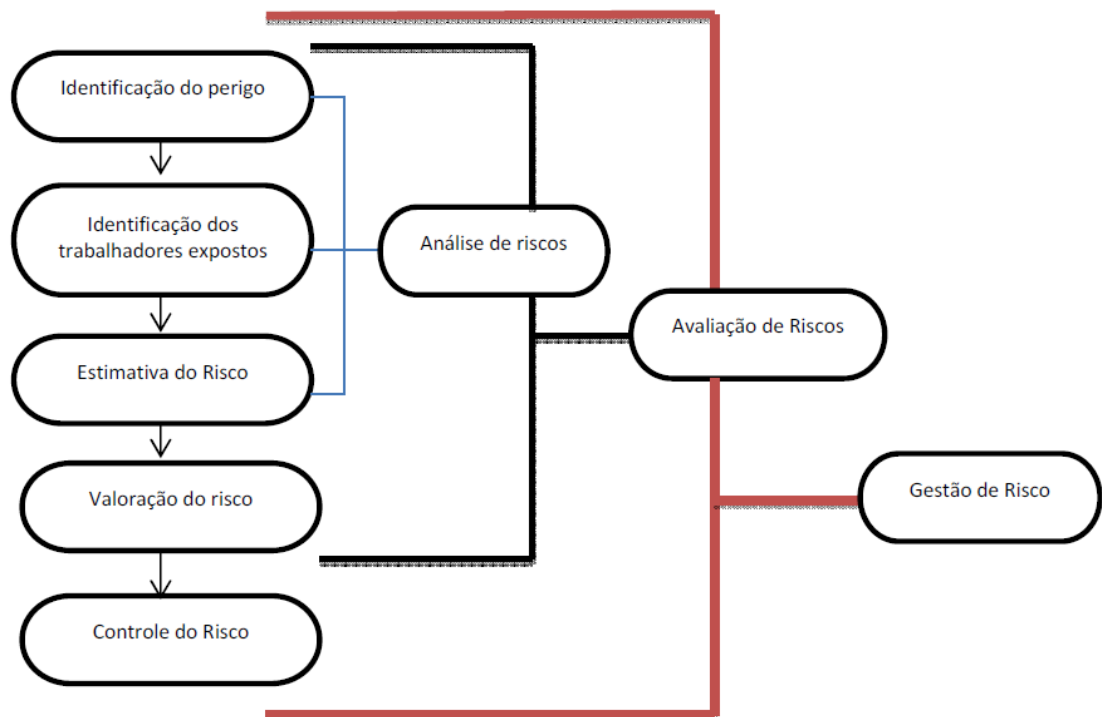
## Capítulo 4

### Gestão de riscos ocupacionais

A seguir são detalhadas as etapas do processo de gestão de riscos e descritos alguns exemplos de modelos internacionais acerca do tema.

#### 4.1 Etapas do processo de gestão de risco

No presente trabalho, a gestão de risco compreende, conforme representado na Figura 10, o conjunto de avaliação do risco e do controle do risco (ROXO, 2004).



**Figura 10** Etapas do processo de gestão de riscos  
Fonte: ROXO (2004)

Segundo a referida estrutura, a avaliação de risco compreende a análise e a valoração de risco. Dessa forma, os resultados da análise são comparados com critérios específicos no intuito de determinar se o risco é aceitável ou tolerável (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009).

Com fundamento nos resultados da avaliação de risco, adotam-se medidas para o controle dos riscos, as quais consistem no processo de decisões e ações para gestão e redução dos riscos, na sua implementação, concretização e reavaliação periódica (ROXO, 2004).

#### **4.2 Análise do risco: a busca pela compreensão do risco**

A etapa de análise do risco termina com a estimativa conjunta da probabilidade e das consequências da materialização do perigo por intermédio de avaliações quantitativas ou qualitativas (ROXO, 2004). Entretanto, para que se consiga estimar, é fundamental que se compreenda o risco por meio da identificação do perigo, da caracterização do local, da força de trabalho e dos agentes físicos, químicos e biológicos presentes no ambiente (IGNACIO; BULLOCK, 2006).

Em casos mais simples, a identificação do perigo e das pessoas envolvidas pode ser realizada com uma simples observação do ambiente de trabalho. Em situações mais complexas, entretanto, avaliações detalhadas são necessárias (HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE, 1997b). Diversas fontes de informação, conforme Quadro 2, devem ser exploradas na busca da compreensão do risco.

Durante o estudo detalhado do processo de trabalho das organizações, é fundamental que se tenha uma visão geral do sistema de trabalho no intuito de identificar os perigos da forma mais abrangente possível. Nesse sentido, segundo a WORKCOVER NSW (2011), deve-se:

- a) revisar as fichas de segurança de produtos químicos;
- b) conversar com os trabalhadores para descobrir a visão deles referente ao trabalho seguro e como as atividades realmente são desenvolvidas. O trabalho real<sup>2</sup> nem sempre corresponde ao trabalho prescrito<sup>3</sup>;

---

<sup>2</sup> Trabalho prescrito: conjunto de atividades previamente planejadas e organizadas. (DEJOURS, 1997, apud GOYA; MANSANO, 2012).

<sup>3</sup> Trabalho real: aquilo que, em uma tarefa, não pode ser obtido pela execução rigorosa do prescrito (DEJOURS, 1997, apud GOYA; MANSANO, 2012).

- c) caminhar pelo estabelecimento da organização para observar como se desenvolvem as atividades;
- d) revisar o conteúdo dos registros de acidentes ocorridos na organização.

**Quadro 2** Fontes de informação: compreensão do risco

<b>Método de coleta</b>	<b>Tipos de informação</b>
Visão Geral (ex. vistoria das instalações e observações)	Operações Processos Tarefas Equipamento de Proteção Individual (EPI) Controles de exposição Divisões do trabalho Agentes ambientais Instrumentos de medição de leitura direta
Entrevista com trabalhadores, gerentes e engenheiros	Tarefas Práticas de trabalho Questões de saúde Processos Controles de exposição Manutenção Agentes ambientais
Entrevista com membros do setor de segurança e saúde	Problemas de saúde Padrão de problemas Práticas de trabalho Histórico de exposição Agentes ambientais
Registros: Processos padronizados Produção Pessoal Médico Engenheiro Relatórios ambientais Diagramas de fluxo do processo	Condições históricas Inventário químico Tarefas
Padrões governamentais e não governamentais	Limites de exposição vigentes Limites de exposição propostos
Literatura	Estudos epidemiológicos Estudos toxicológicos Questões emergentes
Substâncias químicas	Registros ambientais governamentais Fichas de segurança
Empregados	Base de dados de recursos humanos

Fonte: Ignácio e Bullock (2006)

#### 4.2.1 Identificação do perigo

A atividade de identificação de perigos dentro do processo de gestão de riscos químicos deve iniciar com o registro de um inventário de substâncias químicas e a descrição do processo produtivo e de outras circunstâncias que coloquem em risco a saúde dos trabalhadores (HERBER et al., 2001).

Ignacio e Bullock (2006) apresentam uma proposta de estrutura do inventário de substâncias químicas, conforme destacada no Quadro 3.

**Quadro 3** Modelo de conteúdo de inventário químico

<b>Misturas</b>	<b>Agentes específicos</b>
Nome comercial	Nome
Produtor	Número CAS
Composição química	Classificação dos efeitos à saúde
Quantidade em uso	Estado físico
Limites de exposição ocupacional	Limites de exposição ocupacional
Data de início do uso	Outras propriedades (ex.: pressão de vapor)
Data do final do uso	Método analítico e de coleta
Aplicação	
FISPQs	
Estado físico	
Possíveis subprodutos	

Fonte: Ignacio e Bullock (2006).

A atividade desenvolvida em fundições de metais ferrosos expõe os trabalhadores aos efeitos de diversos agentes químicos (INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER, 2012a), existindo várias fontes de informações disponíveis acerca das características dos produtos químicos. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) instituiu, no Brasil, as Fichas de Informação de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ), com padrões mínimos a serem seguidos pelos produtores e fornecedores. Entretanto, nem sempre as informações fornecidas estão completas, especialmente quanto à composição da substância química. Internacionalmente, cada país desenvolve suas próprias normas de informações acerca das substâncias químicas por intermédio de suas instituições de saúde e segurança do trabalho, como as listadas a seguir (BUSCHINELLI; KATO, 2012):

- a) Instituto Nacional de Seguridad e Higiene em el Trabajo (INSHT) – Espanha;
- b) Agency for Toxic Substances & Diseases Registry (ATSDR) – Estados Unidos;
- c) European Chemical Substances Information System (ESIS) – Comissão Europeia;
- d) International Programme on Chemical Safety (IPCS) – Organização Mundial da Saúde (OMS), OIT e United Nations Environment Programme (UNEP);
- e) CHEMINFO da Canadian Centre for Occupational Health and Safety (CCOHS).

Dentre as substâncias químicas empregadas no processo de fundição de metais ferrosos e cujas informações de segurança normalmente estão disponíveis em fichas ou em rótulos, destacam-se: produtos químicos de limpeza, resinas e aglomerantes usados em moldes, catalisadores ou ingredientes da liga metálica, gases em cilindros e material de jateamento abrasivo. Entretanto, muitos agentes químicos perigosos são subprodutos gerados durante o processo produtivo e não possuem informações em fichas, como HPAs e monóxido de carbono, dentre outros (SAFE WORK AUSTRALIA, 2013). O Quadro 4 apresenta uma lista com os vários agentes químicos normalmente empregados ou gerados no referido processo produtivo e os principais perigos à saúde decorrentes da exposição a essas substâncias.

**Quadro 4** Produtos empregados ou gerados no processo de fundição de ferrosos

<b>Substância</b>	<b>Processo/uso</b>	<b>Perigos à saúde</b>
Ácidos	Usados como neutralizadores de aminas nos lavadores de gases efluentes. Usados como catalisadores em sistemas aglomerantes de areia.	Irritação em pele, olhos e aparelho respiratório.
Acroleína	Produto de decomposição proveniente da estufa de machos. Emitido durante o vazamento e a desmoldagem em que machos de areia de óleo são usados.	Irritação em olhos, nariz, garganta, lacrimejamento e edema pulmonar.
Óxido de alumínio	Fusão e vazamento de ligas de alumínio. Produzido quando o alumínio é	Irritação no aparelho respiratório. Pode ocasionar fibrose pulmonar. Neuropatia periférica e disfunção

Substância	Processo/uso	Perigos à saúde
	empregado como desoxidante para ligas de aço.	cognitiva dos fumos.
Amônia	Decomposição de produtos que contêm nitrogênio nos aglomerantes empregados na confecção de machos e moldes.	Irritações nos olhos e no trato respiratório podem ser severas. Elevadas concentrações podem ocasionar doenças pulmonares crônicas e danos oculares. Contato com a pele pode ocasionar queimaduras e cicatrizes permanentes.
Antimônio	Elemento de liga de latão e ligas de chumbo.	Irritação em pele, olhos e aparelho respiratório. Pode causar dermatite. Ingestão pode causar irritação grave da mucosa do estômago e do intestino. Inalação pode causar intoxicação sistêmica com dor abdominal, náuseas, tonturas e garganta seca. Exposição crônica pode ocasionar anormalidades em fígado, rins ou pneumonite.
Benzeno	Solvente usado em pintura de machos.	Exposição prolongada pode danificar a medula óssea e causar leucemia. Agente carcinogênico comprovado para seres humanos (INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER, 2013). Exposições crônicas podem resultar em convulsões e fibrilação ventricular. Exposição aguda pode resultar em danos ao sistema nervoso central marcados por tonturas, dor de cabeça, náuseas, perda de coordenação e confusão.
Carbono		Sensibilização do trato respiratório e dos olhos.
Dióxido de carbono	Emitido por forno durante cura de molde e machos no processo de fusão e soldagem.	Asfixiante. Em altas concentrações, pode contribuir para deficiência de oxigênio.
Monóxido de carbono	Emitido durante o processo de fusão e vazamento ou na pirólise de compostos de carbono. Produto da decomposição no processo de confecção de moldes e machos.	Asfixiante químico que interfere na capacidade de transporte de oxigênio no sangue e pode levar à anóxia. Pode causar dor de cabeça, batimentos cardíacos irregulares, tonturas, sonolências, náuseas, vômitos, perda de coordenação e de consciência ou levar à morte.
Cromo III	Soldagem, corte a quente e esmerilhamento de peças fundidas.	Sensibilização da pele e dos olhos.

Substância	Processo/uso	Perigos à saúde
Cromo VI	Fusão, vazamento e esmerilhamento de baixa liga e ligas de aço e cromo. Soldagem. Cromato na areia.	Agente carcinogênico comprovado para seres humanos, grupo 1 da IARC (INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER, 2013).
Cobalto	Fusão, vazamento e esmerilhamento.	Sensibilização de pele, olhos e trato respiratório; asma, bronquite e dermatite alérgica. Possível agente carcinogênico para humanos, grupo 2B da IARC (INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER, 2013).
Ciclohexano	Empregado na fabricação de moldes e machos.	Inalação aguda pode causar dor de cabeça, náuseas, tontura, sonolência e confusão. Em elevadas concentrações, pode resultar em inconsciência e morte.
Dimetilamina (DMEA)	Catalisador empregado em aglomerantes no processo <i>cold box</i> .	Irritação de pele, edema nas córneas e dermatite de contato.
Metileno difenil isocianato (MDI)	Componente de aglomerantes empregados em resinas uretânicas.	Irritação de pele, olhos e trato respiratório; bronquite, náusea, vômito, dor abdominal e asma ocupacional.
Formaldeído	Componente de várias resinas. Vapores são emitidos na moldagem, no vazamento e na área de desmoldagem pela decomposição.	Forte irritante e sensibilizante para pele, causando formigamento, secagem e vermelhidão da pele. Edema pulmonar, bronquite e dermatite de contato. Exposição prolongada por inalação pode causar irritação das mucosas e da parte superior do trato respiratório. Contato com a pele por muito tempo pode causar alergia. Agente carcinogênico comprovado para seres humanos, grupo 1 da IARC (INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER, 2013).
Álcool furfurílico	Componente de resinas ureia-formaldeído e furânicas.	Lacrimejamento dos olhos, bronquite, dermatite alérgica.
Sulfeto de hidrogênio	Emitido durante têmpera de escórias. Produto da decomposição de alguns aglomerantes e catalisadores durante o vazamento.	Irritação nos olhos e no aparelho respiratório. Alterações no sistema nervoso e paralisia respiratória.
Cianeto de hidrogênio	Decomposição de aglomerantes que contêm nitrogênio.	Inalação por pouco tempo pode causar fraqueza, dor de cabeça, tontura, confusão, ansiedade, náusea. Em altas concentrações, pode levar à morte. Exposição por longo tempo pode causar coriza, tontura, dor de

<b>Substância</b>	<b>Processo/uso</b>	<b>Perigos à saúde</b>
		cabeça, náuseas, dor abdominal, vômito, irritação da garganta, alterações no paladar e no olfato, câimbras musculares, perda de peso, rubor da face e alargamento da glândula tireoide.
Óxido de ferro	Fusão, vazamento e esmerilhamento de ferro e aço.	Irritação pulmonar.
Chumbo (fumo)	Emitido durante a fusão, o vazamento e o esmerilhamento de chumbo, ferro e aço.	Alterações nos rins, no sangue, nos sistemas gastrointestinal e nervoso.
Óxido de magnésio (fumo)	Fusão e vazamento de ferro nodular e magnésio. Pintura de macho.	Febre dos fumos metálicos.
Manganês	Soldagem de fundidos de aço manganês.	Desordens neurológicas, envolvendo o sistema nervoso central.
Metano	Emitido por fornos durante o vazamento e a desmoldagem.	Asfixiante. Pode levar à perda de consciência e morte.
Sulfeto de molibdênio/trióxido	Fusão e vazamento.	Irritação nos olhos e no aparelho respiratório.
Óxido de níquel	Fusão, vazamento e esmerilhamento de níquel e aço inoxidável.	Dermatites, sensibilização de pele, câncer nasal e de pulmão. Agente carcinogênico comprovado para seres humanos, grupo 1 da IARC (INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER, 2013).
Nitrogênio	Emitido por fornos.	Asfixia e deficiência de oxigênio.
Dióxido de nitrogênio	Produzido por soldagem elétrica.	Efeitos respiratórios e edema pulmonar.
Ozônio	Produzido por soldagem elétrica.	Efeitos respiratórios e edema pulmonar.
Fenol	Componente de aglomerantes.	Curto contato com pele, olhos ou mucosas acarreta dormência ou formigamento leve. Queimaduras, dano permanente da pele e gangrena. Danos à boca, garganta e estômago, hemorragia interna, vômitos, diarreia e diminuição da pressão arterial.
Ácido fosfórico	Resina furânica.	Dermatite, irritação dos olhos, da pele e do trato respiratório.
HPAs	Produzido na pirólise de compostos orgânicos. Decomposição de produtos dos moldes de areia no vazamento. Fornos de fusão.	Associado com câncer de pulmão, eritema de pele, sensibilização à radiação ultravioleta. Benzo[a]pirene, grupo 1 da IARC (INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER, 2013).
Sílica (quartzo)	Emissão de poeira durante a moldagem, a fabricação de machos, a	Doenças pulmonares crônicas e silicose.



Substância	Processo/uso	Perigos à saúde
	desmoldagem, a rebarbação e o processo de recuperação de areia. Jateamento de peças metálicas.	
Ácido sulfúrico	Empregado na resina furânica.	Corrosivo severo da pele, dos olhos e do trato respiratório. Cegueira e cicatrizes podem ser causadas por exposições graves. Dificuldade de deglutição, sede intensa, tosse e falta de ar.
Dióxido de enxofre	Catalisador do sistema de cura <i>cold box</i> . Emitido por fornos. Quebra do ácido toluenossulfônico ou ácido benzeno sulfônico usados como catalisadores.	Irritação no aparelho respiratório e nos olhos, bronquite crônica e asfixia.
Tolueno	Solvente utilizado na pintura de machos. Produto da decomposição dos moldes. Solvente em resinas poliuretânicas.	Baixas exposições de curta duração podem resultar em dermatites, depressão do sistema nervoso central, irritação dos olhos, da pele, do trato respiratório e das membranas mucosas.
Trietilamina	Catalisador usado nos aglomerantes do sistema <i>cold box</i> .	Irritação, edema e sensibilização química.
Xileno	Solvente usado em pintura de machos. Decomposição dos moldes.	Irritação, depressão do sistema nervoso central, danos ao fígado e aos rins e edema pulmonar.

Fonte: Safe Work Australia (2013).

#### 4.2.2 Estimativa dos riscos

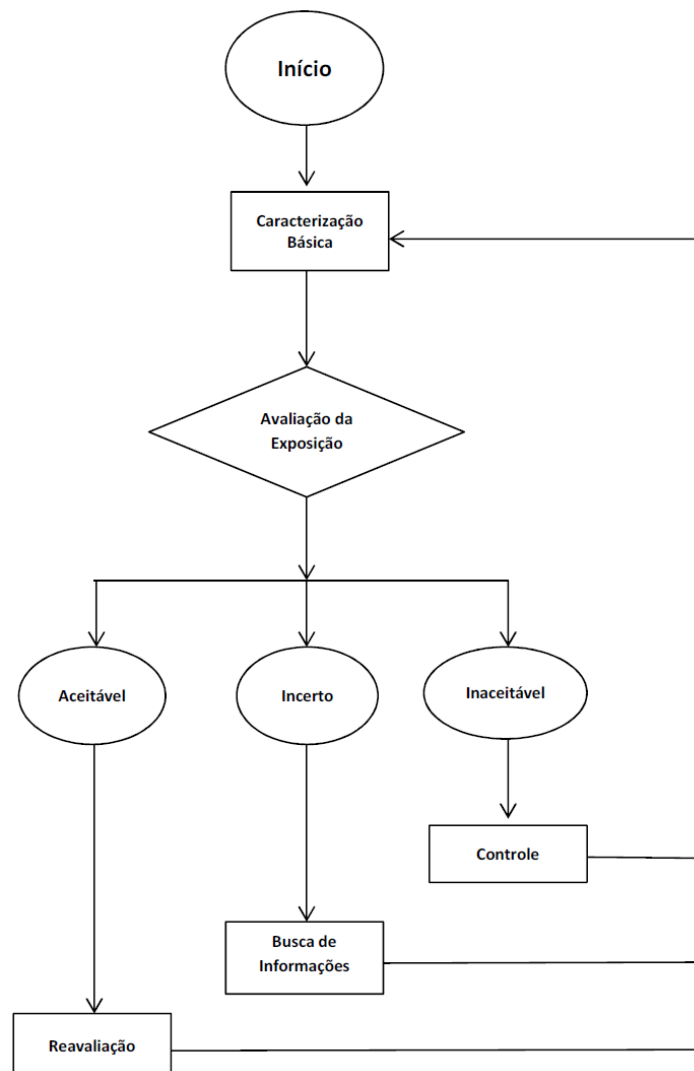
A última etapa da análise de risco consiste em estimar sua magnitude, que está relacionada à probabilidade e à gravidade da ocorrência de efeito adverso (ROXO, 2004).

Na avaliação ambiental dos trabalhadores, o profissional de SST deve considerar todas as informações, quantitativas ou qualitativas, disponíveis para determinar a melhor estimativa da exposição (IGNACIO; BULLOCK, 2006).

#### 4.2.3 Estratégias de amostragem e metodologias das avaliações quantitativas de agentes químicos

Na metodologia desenvolvida por Ignacio e Bullock (2006), inicialmente, os resultados são classificados em aceitáveis, inaceitáveis e incertos. As exposições

consideradas aceitáveis são devidamente registradas e periodicamente devem ser objeto de reavaliações. As exposições inaceitáveis precisam ser imediatamente controladas. Finalmente, no caso de haver incertezas, devem-se buscar maiores informações no intuito de reduzi-las. Há que se destacar que a avaliação da exposição ocupacional é um processo contínuo, conforme esquema apresentado na Figura 11. Nesse sentido, a busca por maiores informações é necessária em todas as situações. Para os casos julgados aceitáveis, deve-se verificar com periodicidade a continuidade dessa condição. Já nas situações consideradas inaceitáveis, necessita-se de informações para seleção adequada das medidas de controle.



**Figura 11** Processo contínuo de avaliação da exposição  
 Fonte: Ignacio e Bullock (2006)

A avaliação pode ser quantitativa quando se objetiva: estimar a exposição dos trabalhadores ao longo de suas jornadas de trabalho; subsidiar projetos de implantação de medidas de controle e avaliar a eficácia das já adotadas; verificar a conformidade dos ambientes de trabalho com as exigências legais; informar sobre a localização das fontes de emissão; monitorar a exposição dos trabalhadores para registros e estudos epidemiológicos; e obter amostras para investigações analíticas e toxicológicas (FUNDACENTRO, 2009).

Na avaliação quantitativa, o perfil de exposição dos trabalhadores é comparado com limites de exposição ocupacional para que se determine a aceitabilidade do risco. Entretanto, empregar esse tipo de avaliação não é tarefa simples. As dificuldades residem na seleção adequada e criteriosa dos grupos de exposição similar (GES), na reunião de informações apropriadas que auxiliem o julgamento da aceitabilidade do risco e no desenvolvimento de estratégias de amostragens confiáveis (IGNACIO; BULLOCK, 2006).

Na maioria dos ambientes de trabalho, avaliar cada trabalhador durante todo o seu período de trabalho é impraticável. Assim, uma estratégia para superar esse desafio é dividir os trabalhadores em grupos. Um GES pode ser definido como um grupo de trabalhadores que tenha um mesmo perfil de exposição devido à similaridade de determinados agentes e à frequência de tarefas que desenvolve, à semelhança de materiais e de processos com os quais trabalha e à equivalência de maneiras que executa as tarefas (IGNACIO; BULLOCK, 2006).

Para se definir um GES, podem ser empregadas metodologias qualitativas, por meio de observação da tarefa, do processo e da função de cada trabalhador, quantitativas, pela análise estatística do histórico de dados de exposição, ou a combinação delas (IGNACIO; BULLOCK, 2006).

Rappaport, Kromhout e Symanski (1993) pesquisaram 183 GESs com 15.495 coletas individuais e concluíram que apenas 20% desses grupos apresentavam exposição uniforme entre os trabalhadores componentes. Segundo os autores, os profissionais de SST não devem depender exclusivamente do método observacional para garantir a adequada seleção de grupos de exposição similar. Ao

contrário, há a necessidade do emprego de ferramentas estatísticas na definição dos GESs.

Segundo Ignacio e Bullock (2006), toda a avaliação de exposição é baseada na análise da tarefa executada pelos trabalhadores e a determinação dos GESs pode ser resumidamente classificada na seguinte hierarquia:

- a) pela tarefa e pelo agente ambiental;
- b) pela tarefa, pelo processo e pelo agente ambiental;
- c) pela tarefa, pelo processo, pela descrição da função e pelo agente ambiental;
- d) pelas tarefas ou funções não rotineiras;
- e) por grupos de trabalho.

Uma tarefa representa parte de uma série de atividades. Cada uma delas pode apresentar um perfil diferente de exposição. Dependendo do porte da organização, podem ser desenvolvidas tarefas distintas. Dessa forma, a primeira classificação eventualmente acarretará na seleção de um grande número de GESs (IGNACIO; BULLOCK, 2006).

Na segunda classificação, quando as tarefas submetem os trabalhadores a um tipo de exposição similar, o GES pode ser baseado no processo, o que representa reduzir significativamente o número de GESs. Muitas vezes, entretanto, o higienista não conseguirá classificar o GES por processo e precisará considerar a divisão de funções e as exposições dos trabalhadores dentro de cada processo (IGNACIO; BULLOCK, 2006).

Na terceira classificação, deve-se atentar para o fato de que a denominação das funções normalmente segue critérios salariais. Dessa forma, na determinação dos GESs, devem-se rever as funções, em geral definidas pelos setores de recursos humanos, e adequá-las ao perfil de exposição dos trabalhadores (IGNACIO; BULLOCK, 2006).

Para atividades não rotineiras, a maneira mais adequada de selecionar um GES é classificá-lo pelo processo, pela tarefa e pela função do trabalhador, uma vez

que essas atividades normalmente são objeto de um projeto específico, dividido em várias tarefas (IGNACIO; BULLOCK, 2006).

Algumas indústrias são divididas em grupos de trabalho e não em funções. Quando isso acontece, o profissional de SST deve cuidadosamente investigar a divisão de tarefas antes de construir os GESs (IGNACIO; BULLOCK, 2006).

Ferramentas estatísticas podem ser utilizadas para auxiliar o julgamento da exposição ocupacional a agentes químicos. Entretanto, existem algumas considerações acerca do emprego desse mecanismo. Primeiramente, o higienista ocupacional necessita conhecer bem os fundamentos da estatística para que não ocorram interpretações equivocadas dos dados coletados. Adicionalmente, devem ser considerados os custos das avaliações quantitativas. Por exemplo, o número de mensurações necessárias é elevado para casos em que a concentração dos agentes químicos no ambiente de trabalho esteja próxima aos limites de exposição ocupacional. Por fim, julgamentos equivocados podem ser feitos devido a problemas na definição dos limites de exposição ocupacional (IGNACIO; BULLOCK, 2006).

Ainda segundo Ignacio e Bullock (2006), a estratégia de amostragem deve ser bem planejada. Para definição dos grupos que deverão ser futuramente monitorados, deve-se realizar uma avaliação quantitativa preliminar. Essa monitoração inicial da exposição consiste em 6 a 10 mensurações e a escolha do período e dos trabalhadores avaliados deve ser a mais aleatória possível.

Já segundo Leidel, Busch e Lynch (1977), que descrevem a metodologia do National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), a mais eficiente estratégia de amostragem reside em selecionar o trabalhador mais exposto para avaliar sua exposição aos agentes presentes no ambiente de trabalho. Dessa forma, não seria necessário coletar amostras de substâncias dos trabalhadores julgados como menos expostos. Entretanto, Burdorf e Tongeren (2003) ressaltam que essa abordagem só é razoável quando a concentração ambiental experimentada por um trabalhador for relativamente constante no tempo. Esses autores ainda afirmam que inabilidades dos profissionais de SST na determinação do trabalhador mais exposto trazem incertezas quanto à confiabilidade dessa metodologia.

No caso de não ser possível determinar, de forma confiável, o mais exposto, deve-se recorrer a amostragens aleatórias para que se determine, com 90% de confiança, que no mínimo um indivíduo dentre os 10% mais expostos está presente no grupo a ser avaliado. Conforme apresentado na Tabela 3, para cada faixa de indivíduos que compõem os GESs deve ser determinado um número de trabalhadores aleatoriamente definidos (LEIDEL, BUSCH E LYNCH, 1977).

**Tabela 3** Tamanho de subgrupos que contém, pelo menos, um trabalhador com alta exposição

<b>N</b>	<b>n</b>
8	7
9	8
10	9
11-12	10
13-14	11
15-17	12
18-20	13
21-24	14
25-29	15
30-37	16
38-49	17
50	18

Notas:

N= número total de trabalhadores de cada GES

n= número de coletas necessárias. Se  $N < 8$ , amostrar todos os trabalhadores

Fonte: Leidel, Busch e Lynch (1977)

Segundo Leidel, Busch e Lynch (1977), os tipos de amostragem podem ser:

- a) amostragens consecutivas de período completo: várias amostras consecutivas são coletadas em toda a jornada de trabalho ou durante quinze minutos para as substâncias químicas que possuam limite-teto de exposição. Esse é o melhor tipo de amostragem, pois produz limites de confiança mais estreitos na estimativa da exposição;
- b) amostra única de período completo: a amostra é coletada em todo o período da jornada de trabalho ou durante quinze minutos para as substâncias químicas que possuam limite-teto de exposição. Esse é considerado o segundo melhor tipo;

- c) amostragem em tempo parcial: a coleta deve cobrir, pelo menos, 70% da jornada de trabalho;
- d) amostragens instantâneas: as coletas são realizadas em curto período de tempo e devem ser distribuídas de forma aleatória ao longo da jornada de trabalho. Esse tipo é o que produz o menor limite de confiança na estimativa da exposição.

Ainda segundo os autores, os limites do intervalo de confiança são conhecidos como limite inferior de confiança (LIC) e limite superior de confiança (LSC). Para LIC maior que os limites de exposição padronizados, conforme Quadro 5, haveria 95% de confiança de que a exposição ocupacional dos trabalhadores excedeu esses limites. Já para LSC menores ou iguais aos limites de exposição padronizados, haveria 95% de confiança de que a exposição dos trabalhadores está dentro dos limites aceitáveis. Os referidos autores recomendam que o LIC seja empregado por agentes fiscalizadores como prova da inobservância dos padrões governamentais, enquanto o LSC deve ser utilizado por empregadores como comprovação de que a exposição de seus trabalhadores atende aos ditames normativos.

**Quadro 5** Sistema de classificação de exposição ocupacional

<b>Classificação</b>	<b>Definição</b>	<b>Critério estatístico</b>
A. Exposição desconforme	Há 95% de confiança de que a exposição ocupacional está acima dos limites padronizados	LIC (95%) > limite padrão
B. Possível sobre-exposição	Não pode ser classificado em A ou C	
C. Conformidade na exposição	Há 95% de confiança de que a exposição ocupacional está abaixo dos limites padronizados	LSC (95%) ≤ limite padrão

Fonte: Leidel, Busch, Lynch (1977)

Segundo Leidel, Busch e Lynch (1977), quando se calcula a média da avaliação da exposição de um trabalhador, raramente esse resultado coincide com o valor preciso. Essa discrepância deve-se a erros na estratégia de amostragem e a variações das características do ambiente de trabalho no decorrer do tempo. Dessa

forma, os resultados das avaliações devem ser entendidos apenas como estimativas da verdadeira exposição.

No Brasil, a NR-9, que versa sobre o Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA), em seu subitem 9.3.4, prevê que avaliações quantitativas devam ser realizadas sempre que necessárias para:

- a) comprovar o controle da exposição ou a inexistência de riscos identificados na etapa de reconhecimento (BRASIL, 1978b);
- b) dimensionar a exposição dos trabalhadores (BRASIL, 1978b);
- c) subsidiar o equacionamento das medidas de controle (BRASIL, 1978b).

Entretanto, a referida norma não estabelece os critérios de amostragem que devem ser empregados no país. Alguns normativos isolados na legislação brasileira abordam a questão. Por exemplo, a NR-22, Segurança e Saúde Ocupacional na Mineração, utiliza quadro similar ao modelo NIOSH, exposto neste trabalho na Tabela 3, mas não define o tratamento estatístico dos dados. Por outro lado, a Instrução Normativa nº 01, de 20 de dezembro de 1995, IN 01/95, (BRASIL, 1995), que trouxe a aprovação do texto do Anexo 13-A da NR-15, Avaliação das Concentrações de Benzeno em Ambientes de Trabalho, dispõe, dentre outras exigências, acerca da observância do emprego de tratamento estatístico para os resultados das avaliações quantitativas, considerando os referidos conceitos de intervalo de confiança.

Segundo a referida IN 01/95 (BRASIL, 1995), devem ser obtidos, no mínimo, cinco resultados de coletas dentro de cada grupo similar de exposição para que possa haver confiança estatística aceitável das avaliações realizadas. Os resultados devem ser objeto de tratamento estatístico para que se obtenha um índice de julgamento que corresponda à relação entre o limite superior de confiança (LSC) e o limite de exposição ocupacional. Esse índice é utilizado para determinação da adoção de medidas de controle e da frequência do monitoramento da exposição dos trabalhadores.



Convém ressaltar o procedimento técnico previsto na NHO 08 para coleta de material particulado sólido em filtros de membrana aplicado a partículas de origem mineral, metálica, vegetal e animal, de negro de fumo e de partículas insolúveis não especificadas de outra maneira. Destacam-se, abaixo, algumas recomendações técnicas descritas na NHO 08 que devem ser observadas na estratégia de amostragem (FUNDACENTRO, 2009):

- a) as amostragens podem ser únicas de período completo, consecutivas de período completo ou parciais, desde que, neste último tipo, corresponda, no mínimo, a 70% da jornada de trabalho;
- b) deve-se selecionar o trabalhador mais exposto ao risco, dentro de cada GES, para ser avaliado. Caso não seja possível determiná-lo, emprega-se a metodologia de subgrupos descrita na Tabela 3;
- c) o tempo de coleta de cada amostra deve ser necessário para atender ao método analítico correspondente;
- d) a determinação do número de amostras necessárias em cada coleta está relacionada com o dispositivo de coleta e a capacidade de retenção do filtro;
- e) deve-se considerar sempre a última versão do método analítico;
- f) a variação da vazão da bomba de amostragem, no início e no fim da coleta, não deve ultrapassar 5%.

Segundo Moroni, Viti e Cappelletti (2013), a maioria dos estudos toxicológicos tende a analisar a ação dos agentes físicos e químicos separadamente com pouca ou nenhuma consideração para os possíveis efeitos sinérgicos resultantes da exposição concomitante a diferentes tipos de partículas. Os referidos autores ressaltam que a exposição múltipla é de grande relevância em fundições de metais ferrosos pela variedade de agentes químicos utilizados no processo produtivo.

Os limites de exposição ocupacional normalmente são estabelecidos para uma substância química isolada. No ambiente de trabalho, entretanto, esses agentes

estão dispersos simultaneamente e interagem de várias formas. O efeito aditivo ocorre quando a soma do impacto de cada agente isoladamente é igual ao efeito biológico combinado deles. A American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) apresenta uma fórmula geral para misturas aplicável quando as substâncias químicas têm efeitos toxicológicos similares sobre o mesmo sistema orgânico ou órgão do corpo humano. Caso não haja informações contrárias, esses agentes devem ser considerados como aditivos (AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS, 2012).

**Equação 1:** Índice de efeitos aditivos

$$I = \frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \dots + \frac{C_n}{T_n}$$

Onde:  $I$  = Índice de efeitos aditivos  
 $C$  = concentração atmosférica  
 $T$  = limite de exposição correspondente

Conclui-se, diante da referida fórmula matemática (AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS, 2012), que o índice para os efeitos aditivos pode ultrapassar o limite de exposição, mesmo quando as concentrações dos agentes químicos isoladamente não o façam.

Entretanto, da interação de substâncias químicas podem decorrer efeitos sinérgicos ou antagônicos, podendo a combinação delas ser, respectivamente, potencializada ou reduzida. No intuito de fornecer informações, a ATSDR publicou um guia para avaliação dos efeitos à saúde da exposição a misturas (AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES & DISEASE REGISTRY, 2004) e também desenvolveu perfis de interação entre diversas substâncias químicas tóxicas (AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES & DISEASE REGISTRY, 2011a). Paralelamente, a Comunidade Europeia publicou revisão bibliográfica extensa acerca dos efeitos combinados de substâncias químicas (EUROPEAN COMMISSION, 2009).

Convém ressaltar também que, segundo Ignacio e Bullock (2006), as ferramentas estatísticas devem ser aplicadas separadamente para cada tipo de exposição. Dessa forma, há a necessidade de serem desenvolvidas estratégias distintas para os limites *time-weighted average* (TWA — média ponderada no

tempo), *short-term exposure* (STEL — exposição de curta duração) e valor-teto.

Para avaliação de substâncias que possuam valor-teto, como o formaldeído utilizado em resinas no processo produtivo de fundição de metais ferrosos, Leidel, Busch e Lynch (1977) destacam que, diferente da avaliação da jornada completa, o momento da coleta das amostras das substâncias químicas não deve ser aleatório. Os autores ressaltam que os profissionais envolvidos na avaliação desses agentes precisam ter conhecimento suficiente para determinar em que períodos são esperadas as máximas concentrações. Eles sugerem a realização de pelo menos três coletas por agente químico para o monitoramento das substâncias que possuam valor-teto.

### **4.3 Valoração dos riscos**

A valoração dos riscos é a etapa final da avaliação dos riscos e na qual os resultados da análise de risco são comparados com um referencial que leva em conta valores socioeconômicos e ambientais. Por fim, realiza-se um juízo de valor acerca da aceitabilidade do risco (ROXO, 2004).

O resultado da avaliação de risco pode ser considerado aceitável ou inaceitável, dependendo da probabilidade da ocorrência de efeitos adversos à saúde dos trabalhadores expostos. Entretanto, existe uma situação de incerteza quanto à aceitabilidade do risco quando o perfil de exposição não for adequadamente caracterizado ou quando não houver informações disponíveis acerca dos efeitos à saúde em decorrência da presença de determinadas substâncias químicas no ambiente de trabalho (IGNACIO; BULLOCK, 2006).

Segundo Ignacio e Bullock (2006), em muitos casos, a valoração dos riscos é realizada pela comparação do perfil de exposição dos trabalhadores com os limites de exposição ocupacional (LEOs). Sendo assim, a seguir, descrevem-se características acerca dos limites de exposição ambiental e biológica no Brasil e no mundo.

#### 4.3.1 Limites de exposição ocupacional: uma visão geral

Os limites de exposição ocupacional (LEO) são padrões regulatórios estabelecidos em diversos países do mundo no intuito de auxiliar a gestão de agentes perigosos nos diversos ambientes de trabalho. Eles são baseados em evidências científicas sobre o que se sabe acerca dos efeitos biológicos de determinadas substâncias químicas combinado com o que é considerado técnica e economicamente viável para seu controle (WALTERS; GRODZKI; WALTERS, 2003).

Algumas listas de LEOs foram publicadas na Europa e nos Estados Unidos entre os anos 20 e 30 do século passado. Entretanto, a mais influente proveio da ACGIH, que publicou sua primeira relação de limites em 1946. Os *Threshold Limit Values* (TLVs) da referida entidade foram adotados pelo governo americano como padrão oficial em 1969 (WALTERS; GRODZKI; WALTERS, 2003).

A ACGIH é uma organização sem fins lucrativos constituída por higienistas provenientes de universidades, instituições governamentais ou indústrias privadas, neste último caso participantes por curto período de tempo. Embora os limites da referida entidade não tenham força legal nos Estados Unidos (EUROPEAN AGENCY FOR SAFETY AND HEALTH AT WORK, [200-?]), a lista dos TLVs reúne mais de 700 substâncias químicas e agentes físicos, além de dezenas de limites de exposição biológica (BEI). Os TLVs dividem-se em:

- a) *Média Ponderada pelo Tempo (TLV-TWA)*, em que trabalhadores expostos diariamente à concentração média ponderada no tempo, para uma jornada normal de 8 horas diárias e 40 horas semanais, em sua maioria não devem sofrer efeitos adversos à saúde;
- b) *Exposição de Curta Duração (TLV-STEL)*, limite que complementa o TLV-TWA nos casos em que se reconheçam os efeitos agudos para substâncias cujos efeitos tóxicos primários sejam de origem crônica. Nesse caso, permitem-se exposições acima do TLV-TWA, mas abaixo do TLV-STEL, que não devem ultrapassar quinze minutos e só podem ocorrer quatro vezes ao dia. Além disso, deve haver um intervalo de sessenta minutos entre as exposições sucessivas;

- c) *Valor Teto (TLV-C)*, limite que não pode ser ultrapassado em nenhum momento;
- d) *digressões acima dos limites de exposição*, quando não são definidos limites TLV-STEL, devem ser controladas, mesmo em concentrações abaixo do TLV-TWA, da seguinte forma: em um período de trinta minutos, a concentração não pode exceder mais de três vezes o TLV-TWA e nunca deve ultrapassar em cinco vezes esse limite (AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS, 2012);

Além da ACGIH, os Estados Unidos também estabelecem os seus LEOs pelas entidades Occupational Safety and Health Administration (OSHA) e o NIOSH.

A OSHA, vinculada ao ministério do trabalho americano, publica os denominados *Permissible Exposure Limits* (PEL) de observância obrigatória. Existem mais de quinhentos PELs para várias formas de, aproximadamente, 300 substâncias químicas. De forma similar à ACGIH, os tipos de limites estabelecidos pela OSHA são TWA, valores-teto, níveis de ação, STELs e, em alguns casos, BEIs (EUROPEAN AGENCY FOR SAFETY AND HEALTH AT WORK, [200-?]);

O NIOSH estabelece os *Recommended Exposure Levels* (RELs) para mais de 700 substâncias perigosas e encaminha essas recomendações para a OSHA americana e outras entidades de proteção à saúde do trabalhador. Assim como no caso dos TLVs, a observância aos RELs também não é legalmente obrigatória. Eles se dividem em TWAs, valores-teto, STELs e BEIs (EUROPEAN AGENCY FOR SAFETY AND HEALTH AT WORK, [200-?]).

Segundo a ACGIH (2012), a maioria dos trabalhadores expostos diariamente a concentrações abaixo dos TLVs, durante toda a vida laboral, não sofreriam efeitos adversos à saúde. Entretanto, Walters, Grodzki e Walters (2003) afirmam que existe uma série razões bem documentadas para se acreditar que é um equívoco considerar os TLVs como níveis seguros.

Castleman e Ziem (1988) publicaram uma dura crítica aos limites da ACGIH. Os referidos autores questionam as poucas evidências científicas sobre as quais, em

alguns casos, os TLVs estavam fundamentados, além da influência, por interesses econômicos, de empresas potencialmente afetadas pelos referidos limites. Na mesma linha, Roach e Rappaport (1990) afirmaram que os mencionados parâmetros não se fundamentam exclusivamente em critérios de saúde ocupacional.

Tarlau (1990) afirma que, para a maioria dos produtos químicos, existe pouco ou nenhum dado sobre a toxicidade crônica. Geralmente, não se conhecem os efeitos químicos na função pulmonar, nos sistemas nervoso, endócrino, imunológico, reprodutor e em outras funções vitais do organismo. Dessa forma, segundo a referida autora, não se pode afirmar que determinados níveis de exposição não serão prejudiciais aos trabalhadores. Como consequência, sugere o fim do uso de limites de exposição ocupacional e a mudança na natureza das investigações ambientais com base no entendimento de como o processo produtivo acontece e na busca de informações com os trabalhadores.

Segundo Vasconcelos (1995), as críticas de Castleman e Ziem (1988) e Roach e Rappaport (1990) abalaram a credibilidade no conceito de exposição segura. A suspeita recai sobre o fato de que os limites estabelecidos pela ACGIH buscavam a manutenção dos níveis de exposição então vigentes nas empresas.

Uma das razões para as críticas direcionadas aos TLVs da ACGIH repousava na falta de clareza dos critérios que nortearam o estabelecimento dos referidos limites. Não havia transparência se a definição dos referidos limites baseava-se exclusivamente em evidências científicas ou se existiam restrições econômicas e técnicas determinantes no processo em questão (WALTERS; GRODZKI; WALTERS, 2003).

Particularmente nos países integrantes da Comunidade Europeia, a sociedade organizada exigiu clareza e transparência nas tomadas de decisão acerca das questões relativas aos riscos ambientais. No caso específico do estabelecimento de LEOs, a definição dos limites e as informações geradas como resultado desse processo deveriam ter a participação e o acesso de usuários e especialistas das áreas afetadas. Na verdade, exigiu-se uma reflexão acerca da natureza do emprego dos LEOs que não deveriam ser entendidos como limites seguros, mas como ferramentas para gestão de risco (WALTERS; GRODZKI; WALTERS, 2003).

Em 1995, a Comunidade Europeia fundou a *Scientific Committee on Occupational Exposure Limits* (SCOEL) no intuito de fornecer aos seus membros opiniões acerca da toxicologia de agentes químicos e dos possíveis efeitos à saúde dos trabalhadores expostos. Em 1998, com o objetivo de desenvolver sua própria metodologia para avaliar os agentes químicos em cada caso, a SCOEL publicou o documento *Methodology for the derivation of occupational exposure: key limits*, que em 2010 chegou à sua sexta edição (EUROPEAN COMMISSION, 2010).

A SCOEL, então, estabeleceu três tipos de limites:

- a) *Indicative Occupational Exposure Limit Values* (IOELVs): a adoção desses limites pelos estados membros é voluntária e eles são estabelecidos com base nas mais recentes informações científicas disponíveis e em suas referidas técnicas de avaliação. Na definição dos IOELVs, questões técnicas e socioeconômicas não são consideradas (EUROPEAN COMMISSION, 2010);
- b) *Binding Occupational Exposure Limit Values* (BOELVs): os estados membros são obrigados a adotar limites que não excedam os BOELVs. Esses valores são estabelecidos levando-se em conta questões socioeconômicas, técnicas e as consideradas no estabelecimento dos IOELVs (EUROPEAN COMMISSION, 2010);
- c) *Biological Limit Values* (BLVs): são valores de referência apresentados como a concentração em um apropriado meio biológico do agente em análise (EUROPEAN COMMISSION, 2010).

No sítio da Comunidade Europeia (EUROPEAN COMMISSION, [2012?]) é possível ter acesso à lista de recomendações da SCOEL para diversos agentes químicos com o LEO proposto, quando viável, e informações toxicológicas relevantes.

Fundamentado nas referidas recomendações, cada país membro desenvolve sua regulamentação. A Alemanha estabelece como LEO o *Technische Richtkonzentrationen* (TRK), que funciona como um guia técnico e é determinado de

acordo com a melhor tecnologia disponível. Normalmente, esse limite é aplicado a substâncias classificadas como carcinogênicas e substâncias perigosas que exigem concentração mínima no ambiente de trabalho. Por outro lado, o *Maximale Arbeitsplatzkonzentrationen* (MAK) estabelece a máxima concentração permitida em um ambiente de trabalho. Destaca-se ainda o *Biological Tolerance Values* (BAT), que é o limite de concentração para substâncias presentes no organismo dos trabalhadores expostos. O *Technical Rules for Hazardous Substances* (TRGS), por sua vez, é um documento que contém o atual estado do conhecimento acerca dos perigos à saúde, da utilização industrial típica e dos requisitos de higiene ocupacional de diversas substâncias químicas. O *Ausschuss für Gefahrstoffe* (AGS) é um comitê criado com a função de estabelecer normas técnicas para substâncias perigosas (EUROPEAN AGENCY FOR SAFETY AND HEALTH AT WORK, [200-?]).).

Na Espanha, a estrutura de estabelecimento dos LEOs está em reconstrução. Coexistem duas regulamentações. A primeira, iniciada em 1961, publicou diretrizes normativas intituladas *Reglamento de Actividades Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas* que, quando necessário, valem-se dos TLVs da ACGIH. De outro lado, desde 1998, o INSHT publicou um guia com mais de 500 LEOs e instruções de aplicação desses valores. O referido instituto estabeleceu três tipos de limites: o *Valor Límite Ambiental Exposición Diaria* (VLA-ED), segundo o qual, em um período de trinta minutos, pode-se exceder até três vezes o VLA-ED e, em nenhum momento, mais de cinco vezes esse limite; o *Valor Límite Ambiental Exposición de Corta Duración* (VLA-EC), que estabelece um limite que não pode ser excedido em nenhum momento da jornada de trabalho; e, por fim, o *Valor Límite Ambiental Biológico* (VLB), que é um valor limite para o teor de substâncias nos meios biológicos como sangue e urina (EUROPEAN AGENCY FOR SAFETY AND HEALTH AT WORK, [200-?]).

Os LEOs no Reino Unido são divididos nos denominados *Maximum Exposure Limits* (MELs) — situação em que a concentração das substâncias dispersas no ambiente deve ser reduzida até o máximo possível — e *Occupational Exposure Standards* (OESs), quando é considerado adequado o ambiente que mantenha concentrações abaixo desse limite. O tempo de exposição é estabelecido



para oito horas diárias (TWA) ou para quinze minutos (STEL). Para determinadas substâncias em que a exposição é considerada crítica, somente se determina o limite de curta duração, o qual nunca pode ser excedido. Esses limites são normatizados pelo regulamento conhecido como *Control of Substances Hazardous to Health Regulations* — COSHH (EUROPEAN AGENCY FOR SAFETY AND HEALTH AT WORK, [200-?]).

No sítio da European Agency for Safety and Health at Work [200-?], encontram-se informações acerca dos limites de exposição ocupacional de diversos países.

#### 4.3.2 Limites de exposição ocupacional no Brasil

No Brasil, os LEOs são denominados limites de tolerância (LT) e estão expressos na NR-15 (BRASIL, 1978c). A NR-9, por sua vez, prevê a adoção subsidiária dos limites internacionais da ACGIH (BRASIL, 1978b).

Em 1977, por intermédio da Lei nº 6.514, alterou-se o capítulo V do título II da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT) relativo à Medicina e Saúde do Trabalho. O Ministério do Trabalho e Emprego recebeu a responsabilidade legal, prevista no artigo 190 da CLT, de estabelecer os limites de tolerância para os agentes agressivos. Publicou-se, em 1978, a Portaria nº 3.214 que regulamentou a referida lei e aprovou as normas regulamentadoras.

Segundo Giampaoli e Saad (2011), como base no trabalho de elaboração da NR-15, foram empregados os limites de exposição da ACGIH de 1976. Nos Estados Unidos, a jornada de trabalho utilizada para definição dos TLVs era de quarenta horas semanais. Dessa forma, foi necessária a adequação dos limites à realidade brasileira da época, pois a jornada nacional, em 1978, era de quarenta e oito horas semanais. Empregou-se, então, uma fórmula de ajuste conhecida como Brief & Scala, que provocou a redução em 22% dos limites da NR-15 (BRASIL, 1978c) em relação aos TLVs.

Segundo Pedroza, Rodrigues e Sousa (2011), os LTs brasileiros encontram-se consideravelmente desatualizados frente às entidades internacionais. Os autores

destacam o caso emblemático do cloreto de vinila cujo limite de tolerância definido na NR-15 é de 156 ppm, enquanto o da ACGIH é de 1 ppm.

No que se refere a substâncias empregadas no processo de fundição de metais ferrosos, destaca-se o 2,4 diisocianato de tolueno (TDI), com LT de 0,005 ppm e TLV de 0,016 ppm. A Tabela 4 apresenta outros exemplos comparativos. Essas diferenças são comuns, pois os valores da agência americana são atualizados anualmente e os brasileiros raramente são corrigidos.

**Tabela 4** Comparativo entre TLV da ACGIH e LT da NR-15

Nome da substância	TLV-TWA (ACGIH, 2012) (ppm)	LT (NR-15) (ppm)
1,3-butadieno	2	780
2,4 Diisocianato de tolueno (TDI)	0,005	0,016
2-etoxietanol	5	78
Acrilonitrila	2	16
Brometo de etila	5	156
Cloreto de etila	100	780
Cloreto de vinila	1	156
Etanol	1.000 <sup>(1)</sup>	780
Fenol	5	4
Formaldeído	0,3 <sup>(2)</sup>	1,6
Tolueno	20	78
Trietilamina (TEA)	1	20

(1) STEL

(2) valor teto

Fontes: BRASIL (1978c) e American Conference of Governmental Industrial Hygienists (2012)

Rebello (2007) descreve algumas limitações do uso de LTs:

- a) esses valores são estabelecidos para substâncias isoladas, sem considerar suas interações com outros agentes presentes no ambiente de trabalho;
- b) os limites da ACGIH, subsidiariamente adotados no Brasil, foram estabelecidos para jornadas de trabalho de oito horas diárias.

Dessa forma, para períodos distintos, devem-se ajustar os limites;

- c) existem estressores, como calor, radiação, umidade e pressão, que podem alterar os efeitos da exposição dos trabalhadores a determinados agentes químicos;
- d) as substâncias sensibilizantes podem apresentar reação cruzada com agentes de estrutura química semelhante.

#### 4.3.3 Relação entre monitoramento ambiental e biológico

O objetivo do monitoramento biológico é avaliar o quanto uma substância química foi absorvida, transformada em um metabólico ativo ou acumulada em determinados órgãos do corpo humano devido à exposição ocupacional e serve como um complemento à avaliação ambiental. Os resultados dessa biomonitorização, definidos como indicadores biológicos, devem ser comparados com limites biológicos de exposição, como o BEI da ACGIH e o índice biológico máximo permitido (IBMP) utilizado no Brasil (KUNO; ROQUETTI; UMBUZEIRO, 2009).

O monitoramento biológico reflete a absorção total de um agente químico por todas as vias (inalação, ingestão, absorção pela pele ou a combinação delas) dos trabalhadores expostos, diferentemente da avaliação ambiental, que apenas mede o nível potencial de exposição do indivíduo (HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE, 1997a). As substâncias que têm a capacidade de penetrar no organismo humano através da pele, por exemplo, podem exercer efeitos tóxicos sistêmicos incapazes de serem eficientemente prevenidos apenas com fundamento na avaliação do ar (BOLT; THIER, 2006).

O monitoramento ambiental indica o potencial da exposição de indivíduos ou grupos. Entretanto, a absorção dos agentes químicos pelo organismo dos expostos pode ser diferente em cada indivíduo devido a uma série de razões. Dessa forma, inconsistências podem ser encontradas entre as informações obtidas na avaliação ambiental e na biológica. Os motivos para essas discrepâncias são, por exemplo, fatores de exposição ocupacional como a intensidade do ritmo e a duração de

trabalho, a exposição da pele, a temperatura, a umidade e exposição concomitante a agentes químicos. Além disso, inconsistências como contaminação da amostra, equívocos na escolha do método analítico e variabilidade da eficácia dos equipamentos de proteção individual (EPI) podem contribuir para diferenças nas interpretações dos resultados obtidos (AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS, 2012).

A seguir, estão descritos os critérios de interpretação de cada indicador biológico de acordo com a simbologia utilizada no Quadro I da NR-7 (BRASIL, 1978a):

- a) EE: o indicador biológico é capaz de identificar uma exposição ambiental acima do limite de tolerância, mas não possui, isoladamente, significado clínico ou toxicológico próprio, ou seja, não indica doença, nem está associado a um efeito de disfunção de qualquer sistema biológico;
- b) SC: além de mostrar uma exposição excessiva, o indicador biológico tem também significado clínico ou toxicológico próprio, ou seja, pode indicar doença, estar associado a um efeito ou a uma disfunção do sistema biológico avaliado;
- c) SC+: o indicador biológico possui significado clínico ou toxicológico próprio, mas, na prática, devido à sua curta meia-vida biológica, deve ser considerado como EE.

Dos 32 indicadores biológicos descritos na referida norma, apenas sete têm sigla de interpretação SC. Dessa forma, a maioria dos resultados do monitoramento biológico apresenta informações acerca da exposição ambiental do trabalhador e, portanto, complementa as avaliações previstas no PPRA.

#### 4.3.4 Ajuste dos limites de exposição: modelo matemático Brief & Scala

Os limites de exposição adotados pela ACGIH (2012) foram estabelecidos para uma jornada de trabalho de oito horas diárias durante cinco dias na semana. Para situações em que a carga de trabalho exceda esses valores, alguns modelos matemáticos foram desenvolvidos com o objetivo de identificar o valor de

concentração que corresponda à jornada padrão (AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS, 2012).

Em 1975, segundo Rose e Cohrssen (2011), foi publicada a primeira recomendação de adaptação dos LEOs para jornadas de trabalho não usuais, modelo conhecido como Brief & Scala. Os referidos autores enfatizam que a vantagem dessa fórmula matemática reside em não ser necessário o uso de dados como a meia-vida biológica dos agentes químicos. Dessa forma, o fator de redução para uma determinada jornada de trabalho é o mesmo para todas as substâncias. Eles ainda destacam que, para semanas com cinco dias de trabalho, deve-se aplicar a seguinte equação:

**Equação 2:** Fator de redução do modelo Brief & Scala

$$FR = \frac{8}{h} \times \frac{24 - h}{16}$$

Onde:  $FR$  = fator de redução  
 $h$  = horas de trabalho diário

#### 4.3.5 Frequência de reavaliação

Diante dos resultados das avaliações e dos critérios de aceitabilidade do risco, devem ser definidas as características e a frequência das reavaliações.

Segundo Ignacio e Bullock (2006), a toxicidade das substâncias, as incertezas das avaliações anteriores, as mudanças do processo produtivo e a eventual insuficiência de informações toxicológicas dos agentes químicos influenciam na decisão acerca da frequência das reavaliações a ser adotada. Os referidos autores propõem a seguinte periodicidade que, obviamente, pode ser modificada diante das informações relatadas anteriormente:

- a) semestral para concentrações entre 50% e 100% do LEO;
- b) anual para concentrações entre 25% e 50% do LEO;
- c) bianual para concentrações menores de 25% do LEO.

Deve-se ressaltar, entretanto, que essa proposta só deve ser aplicada quando a avaliação quantitativa for desenvolvida de forma apropriada, com representatividade estatística dos dados.

Na legislação brasileira, subitens 9.3.6.1 e 9.3.6.2 da NR-9 (BRASIL, 1978b), o monitoramento periódico das exposições é previsto quando for ultrapassado o nível de ação definido na referida norma. No entanto, não foram estabelecidos os critérios de determinação da frequência de reavaliação. O subitem 9.3.7.1 do referido instrumento normativo dispõe que o monitoramento da exposição a um determinado agente deve ser realizado sempre que necessário.

Segundo a IN 01/95 (BRASIL, 1995), a frequência de monitoramento varia entre 16 e 64 semanas, de acordo com o índice de julgamento obtido por intermédio do limite superior de confiança. Entretanto, como ressaltado anteriormente, essa norma só deve ser aplicada para os casos de exposição ao benzeno.

#### 4.3.6 Método analítico

A qualidade da análise laboratorial das amostras coletadas no ambiente de trabalho pode influenciar no julgamento da aceitabilidade do risco. Se a presença ou a ausência de determinada substância química no ambiente de trabalho for erroneamente reportada, a gestão de riscos pode ser comprometida (SMITH; BOLYARD; ELLER, 1998).

O NIOSH recomenda a adoção do melhor método analítico disponível para cada uma das medições (NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH, [2003?]). Segundo Ribeiro et al. (2008a), a sensibilidade do método é definida pelos limites de detecção (LD)<sup>4</sup> e de quantificação (LQ)<sup>5</sup>. Por exemplo, o texto do método NIOSH 5515, utilizado para análise laboratorial das amostras de HPA (NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH,

---

<sup>4</sup> LD: “[...] menor concentração da espécie de interesse que pode ser detectada pela técnica instrumental [...]” (RIBEIRO et al., 2008a, p. 166).

<sup>5</sup> LQ: “[...] mais baixa concentração que pode ser quantificada dentro dos limites de precisão e exatidão do método durante as operações de rotina do laboratório, em condições usuais” (RIBEIRO et al., 2008a p. 166).

1994a), ressalta que o NIOSH 5506 (NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH, 1994b) é mais sensível quando empregado o mesmo procedimento de coleta. De fato, enquanto o primeiro apresenta LD na faixa de 0,3 a 0,5 µg por amostra para todos os tipos de HPAs, o segundo método registra limites individualizados. Para o benzo[a]pireno, o LD está entre 0,0020 e 0,10 µg por amostra, ou seja, bem mais sensível em relação ao NIOSH 5515 (NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH, 1994a).

Na aplicação dos métodos analíticos, os procedimentos para controlar a contaminação das amostras também merecem destaque. Para isso, utilizam-se amostradores denominados brancos de campo (BC), que devem ser levados para o ambiente avaliado, abertos e imediatamente fechados, sem que o ar seja bombeado através deles. Esses dispositivos são utilizados para verificar se houve contaminação das amostras durante o processo. Outra medida de controle prevista em alguns métodos analíticos é o emprego dos brancos de meio (BM). Eles são amostradores do mesmo lote dos utilizados na coleta, mas que não são abertos no ambiente de trabalho. O emprego de BM é útil especialmente para corrigir eventuais interferências no processo de análise laboratorial (NAVY AND MARINE CORPS PUBLIC HEALTH CENTER, 2009).

#### **4.4 Medidas de controle**

O controle do risco é o conjunto de medidas que visa a modificar o risco (ISO 31000) quando se deduz, na avaliação de riscos, que ele não é aceitável (ROXO, 2004).

A HSE (1997b) estabelece uma estrutura para implementação de um sistema de controle de riscos nos ambientes de trabalho. A primeira etapa objetiva eliminar e minimizar os fatores de risco no ambiente de trabalho. Nessa fase, deve-se dispensar especial atenção aos projetos das instalações e à seleção dos recursos humanos da organização. A segunda etapa destina-se a controlar os riscos que emergem da interação do homem com suas atividades de trabalho. Por fim, busca-se minimizar o risco das pessoas fora do ambiente de trabalho da organização, tanto

os que desenvolvem atividades relacionadas, como transporte de materiais, quanto os que venham a consumir ou empregar os produtos.

A SWA (2013) afirma que a melhor medida de controle consiste em eliminar o uso de substâncias químicas tóxicas e empregar procedimentos de trabalho que não requeiram a aplicação desses agentes. Caso não seja possível, deve-se considerar a possibilidade de minimizar o risco. Pode-se alcançar esse objetivo pela substituição do agente tóxico ou do procedimento de trabalho por um mais seguro, pelo isolamento da substância perigosa em relação aos trabalhadores, pela adoção de controles de engenharia e medidas administrativas.

No que tange à legislação brasileira, destaca-se que uma das etapas do PPRA, descrita no subitem 9.3.1, alínea “d”, da NR-9, consiste em adotar medidas de controle e avaliar a sua eficácia. No subitem 9.3.3, alínea “h”, da referida norma, está prevista a obrigação da descrição das medidas de controle no mencionado programa de prevenção. A implementação dessas ações deve respeitar a seguinte hierarquia, descrita nos subitens 9.3.5.2 e 9.3.5.4 da NR-9: eliminação ou redução da utilização ou formação dos agentes tóxicos; prevenção da liberação ou disseminação dessas substâncias no ambiente de trabalho; e redução da concentração desses agentes no ar. Caso essas medidas não sejam viáveis tecnicamente, devem ser adotadas medidas administrativas e, em último lugar, o uso de EPI (BRASIL, 1978b).

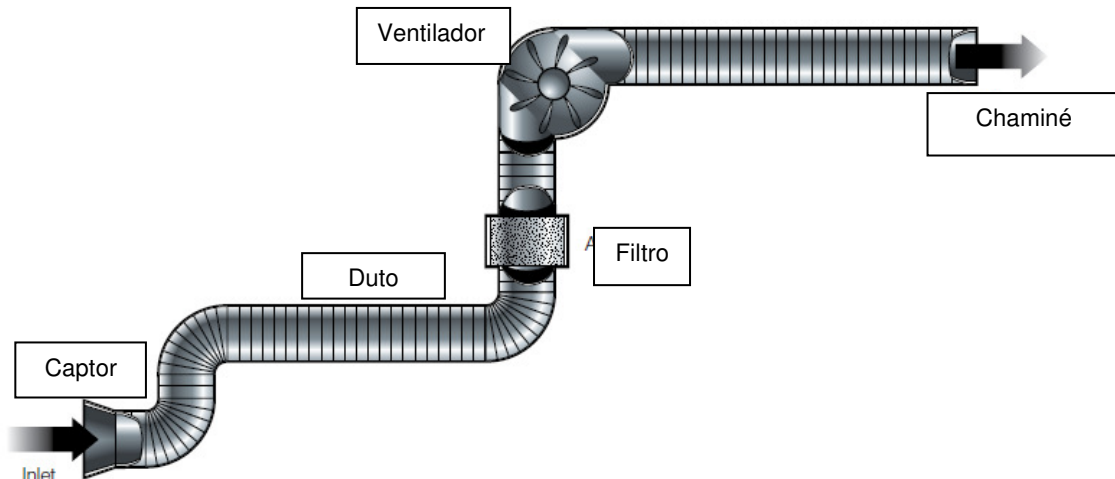
Medidas de controle de engenharia devem ser utilizadas no intuito de minimizar a formação de agentes químicos perigosos, de conter a sua propagação ou de limitar a área de contaminação em eventual vazamento desses produtos (WORKPLACE HEALTH AND SAFETY QUEENSLAND, 2011). No caso das indústrias de fundição de metais ferrosos, como destacado anteriormente, no processo produtivo há o emprego de diversas substâncias químicas, muitas delas relevantes do ponto de vista toxicológico. O uso desses agentes resulta na presença de particulados, gases, vapores, névoas em concentrações no ambiente de trabalho que podem exceder os níveis seguros. Uma das soluções para esses problemas é um sistema de ventilação adequadamente projetado e eficiente (AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS, 1998).



Há que se ressaltar que o objetivo de um projeto de ventilação industrial deve ser reduzir ao mínimo tecnicamente possível o nível de exposição dos trabalhadores aos contaminantes presentes no ambiente, e não somente alcançar concentrações abaixo dos limites de exposição ocupacional (BURGESS; ELLENBECKER; TREITMAN, 2004).

Segundo a ACGIH (1998), existem dois tipos de sistemas de ventilação:

- a) sistemas de fornecimento de ar: são empregados com a finalidade de melhorar o conforto do ambiente de trabalho e repor o ar eventualmente retirado;
- b) sistemas de exaustão (comparativo das aplicações da ventilação geral e local está explicitado no Quadro 6):
  - ventilação geral exaustora (VGE): pode ser utilizada para controlar a exposição ao calor ou para diluir a concentração de contaminantes no ambiente de trabalho. Para esse fim, a exaustão geral só deve ser empregada quando for impraticável o uso da exaustão local;
  - ventilação local exaustora (VLE): neste sistema, o contaminante é capturado próximo à fonte e, portanto, é o mais efetivo e com a menor taxa de fluxo de ar necessária. Compõem-se dos seguintes elementos básicos (Figura 12): captor, duto, filtro, ventilador e chaminé.



**Figura 12** VLE: elementos básicos  
 Fonte: Health and Safety Executive (2011)

**Quadro 6** Aplicação da ventilação local e geral exaustora

<b>Ventilação local exaustora</b>	<b>Ventilação geral exaustora</b>
Contaminante é tóxico	Contaminante tem baixo grau de toxicidade
Posto de trabalho próximo à fonte de propagação do contaminante	Fonte de contaminação distante da zona respiratória dos trabalhadores
Geração do contaminante é variável	Geração do contaminante é uniforme
A geração de contaminantes é elevada, com poucas fontes	Múltiplas fontes de geração de contaminantes, amplamente espaçadas
Fonte de contaminação é fixa	Contaminantes são gases e vapores e não particulados
	Fábrica localizada em clima moderado

Fonte: Burgess, Ellenbecker e Treitman (2004).

Paralelamente, ressalta-se que o uso de sistemas de exaustão deve sempre ser conjugado com o fornecimento de ar no intuito de repor o que for retirado do ambiente (AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS, 1998).

Apesar do seu largo emprego nos ambientes de trabalho, a ventilação geral possui algumas limitações, conforme a ACGIH (1998):

- a) A quantidade de ar contaminado não pode ser muito grande, caso contrário a taxa de fluxo de ar necessária seria impraticável;
- b) Os trabalhadores têm que estar longe da fonte de emissão de contaminantes;
- c) A toxicidade dos agentes presentes no ambiente de trabalho necessita ser baixa;
- d) A dispersão dos agentes no ambiente precisa ser razoavelmente uniforme;
- e) Não é apropriada para exaustão de partículas. Devido à baixa velocidade, elas não serão apropriadamente conduzidas ao ponto de exaustão (BURGESS; ELLENBECKER; TREITMAN, 2004).

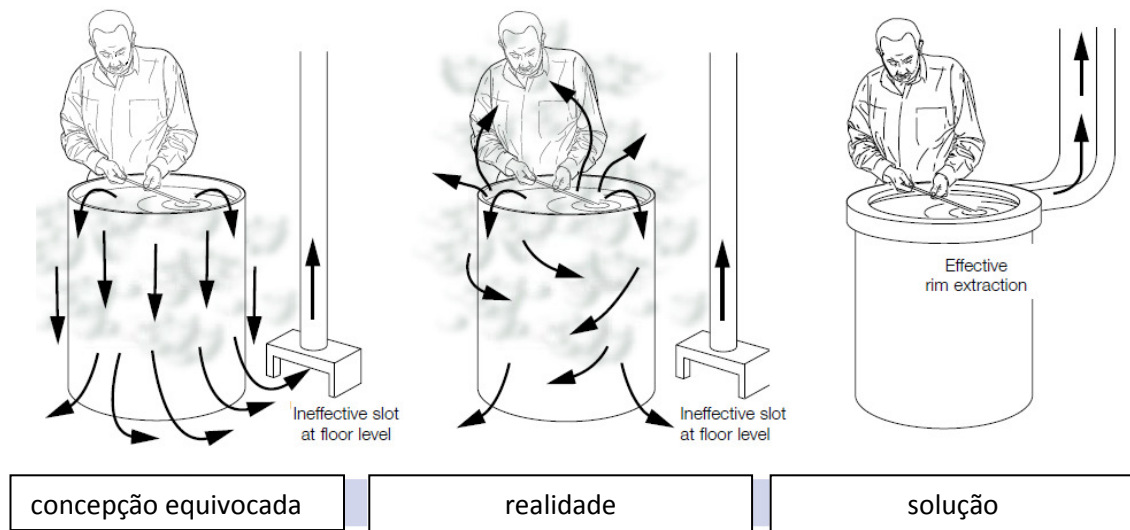
Sendo assim, a medida efetiva para minimizar a exposição de trabalhadores a fumos metálicos é o emprego de ventilação local exautora no intuito de remover o contaminante diretamente da fonte (WORKPLACE HEALTH AND SAFETY QUEENSLAND, 2011).

A instalação de medidas de proteção coletiva, especialmente a adoção de ventilação local exautora, requer eficiente gestão de risco por parte da organização. Para a correta adequação do projeto de ventilação a ambientes como o da fundição de metais ferrosos, o responsável pela gestão de risco da organização deve conhecer as propriedades dos contaminantes presentes no ar, (poeiras, gases, vapores, fumos metálicos e demais particulados), como eles são gerados, como a nuvem de contaminantes se dispersa no ambiente, os detalhes do processo produtivo, a necessidade do trabalhador operar próximo à fonte de contaminação etc. (HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE, 2011).

Paralelamente, o desconhecimento de alguns conceitos técnicos pode levar a deficiências no projeto de ventilação exautora. Primeiramente, o tamanho das partículas dispersas no ar determina quão visíveis elas podem ser. Partículas respiráveis são praticamente invisíveis e as inaláveis são parcialmente visíveis. Gases e vapores normalmente são invisíveis (HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE, 2011). Em segundo lugar, ao contrário do que se possa imaginar, o movimento de

partículas, gases e vapores de contaminantes dispersos no ambiente depende do tamanho deles e não de suas densidades. Dessa forma, fica evidente que a exaustão, conforme ilustrado na Figura 13, deve se localizar o mais próximo possível da fonte de propagação dos referidos agentes (HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE, 2011).

Dessa forma, o projeto de ventilação industrial requer amplo conhecimento do processo produtivo e das características dos contaminantes presentes no ambiente. Nessa linha, ressalta-se que controlar a exposição é uma combinação da instalação de equipamentos com procedimentos de trabalho adequados (HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE, 2011).

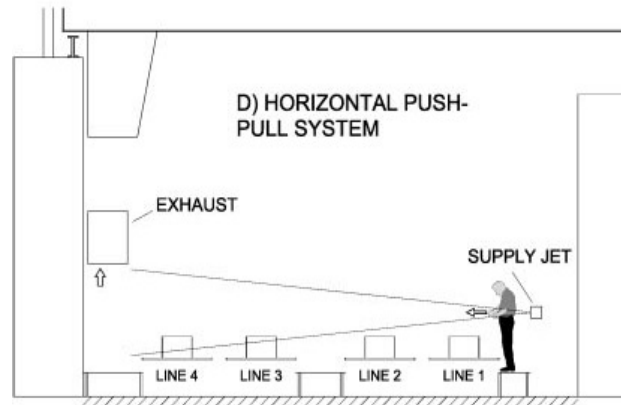


**Figura 13** Propagação de contaminantes  
Fonte: Health and Safety Executive (2011)

Kulmala et al. (2007) calcularam, com o emprego do modelo denominado *computational fluid dynamics* (CFD), a efetividade de quatro tipos de ventilação local exaustora empregados em linhas de fornos em fundição metálica: sucção descendente, reforço de jato de ar, jato vertical em direção à coifa localizada em cima dos fornos e o sistema *push-pull*. Como resultado, a referida pesquisa concluiu que o último sistema era o mais efetivo.

O sistema *push-pull*, ilustrado na Figura 14, combina a injeção de ar sobre a fonte por um lado com a exaustão do contaminante pelo outro. Normalmente, utiliza-

se essa técnica quando os demais sistemas são ineficientes para exaustão do ar no centro da fonte (BURGESS; ELLENBECKER, TREITMAN, 2004).



**Figura 14** Sistema *push-pull*  
Fonte: Kulmala et al. (2007)

Para avaliação da eficiência dos sistemas de ventilação, alguns equipamentos podem ser utilizados para possibilitar a visualização da propagação de contaminantes, como as partículas presentes no ambiente de trabalho. Essas técnicas podem ser aplicadas para projetar, validar e auxiliar na manutenção de um sistema de ventilação e para a capacitação de trabalhadores (BURGESS; ELLENBECKER, TREITMAN, 2004).

Em certas situações, pode-se utilizar a Iluminação Tyndall, ilustrada na Figura 15, para visualização do movimento dos contaminantes dispersos no ar (HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE, 2011).



**Figura 15** Operação de solda com e sem o uso da iluminação Tyndall  
Fonte: Health and Safety Executive (2011)

Entretanto, para alguns particulados, gases e vapores, os equipamentos mais utilizados são os tubos de fumaça, conforme destacado na Figura 16. Na gestão de risco, devem-se adquirir equipamentos que não empreguem substâncias irritantes, como, por exemplo, os tubos que utilizam ampolas à base de glicerina e que não são tóxicos (BURGESS; ELLENBECKER, TREITMAN, 2004).



**Figura 16** Tubo de fumaça  
Fonte: Dräger [2013?]

No que tange à exposição a agentes químicos dispersos no ambiente, em determinadas circunstâncias, pode ser necessário o uso de equipamentos de proteção respiratória (EPR). A legislação brasileira, por intermédio da Instrução Normativa nº 1, de 11 de abril de 1994, IN 01/94 (BRASIL, 1994), estabeleceu regulamento técnico acerca do uso desses EPRs. Segundo o subitem 9.3.5.4 da NR-9, esses equipamentos só devem ser adotados quando comprovada a inviabilidade técnica do emprego de proteções coletivas (BRASIL, 1978b).

O uso do EPI, aqui representado pelos respiradores, conforme já mencionado, deve ser a última ação de controle a ser adotada dentro da hierarquia normativa de medidas de proteção. Isso se deve às limitações que esses equipamentos possuem para oferecer proteção segura aos trabalhadores expostos a substâncias químicas tóxicas.

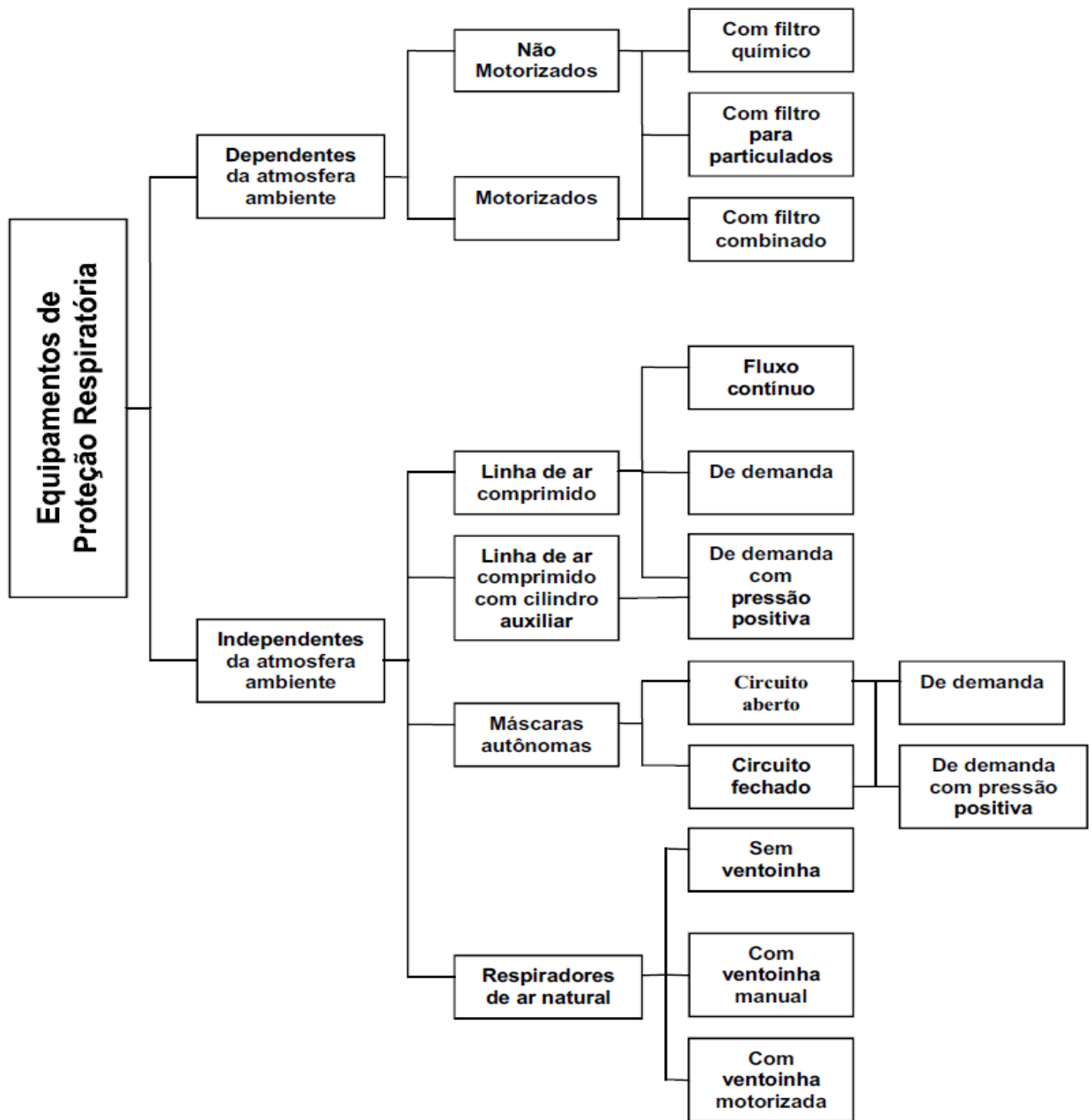
Nesta linha, segundo Torloni e Vieira (2003), os respiradores somente garantem proteção quando forem selecionados de forma correta, possuírem formato e tamanho que se ajustem ao rosto do usuário, forem colocados corretamente no rosto do trabalhador, estiverem em bom estado de conservação e funcionamento, quando os filtros não estiverem saturados e não houver omissão de uso.

Os respiradores são divididos em duas classes, conforme esquematizado na Figura 17. Nos purificadores de ar (dependentes da atmosfera ambiente), o ar ambiente passa através do filtro, antes de ser inspirado, com o objetivo de remover os contaminantes. Esses equipamentos podem ser motorizados, quando a ação de uma ventoinha movida à bateria faz com que o ar atravesse o filtro, ou não motorizados, quando o fluxo do ar depende exclusivamente da ação pulmonar do usuário. A segunda classe de respiradores é a de adução de ar (independentes da atmosfera ambiente). Neste caso, o ar fornecido provém de uma atmosfera independente do ambiente e pode ser de linha de ar comprimido (com ou sem cilindro auxiliar), máscara autônoma ou respiradores de ar natural (TORLONI; VIEIRA, 2003).

O diagrama apresentado na Figura 18 descreve graficamente as etapas que devem ser seguidas para seleção do respirador adequado (TORLONI, 2002). Um conceito importante nesse processo é o do imediatamente perigoso à vida e à saúde — IPVS<sup>6</sup> (TORLONI, 2002). Esses valores atualizados podem ser obtidos diretamente no sítio do NIOSH na internet, com o título *Immediately Dangerous to Health and Life* — IDHL (NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH, 1995).

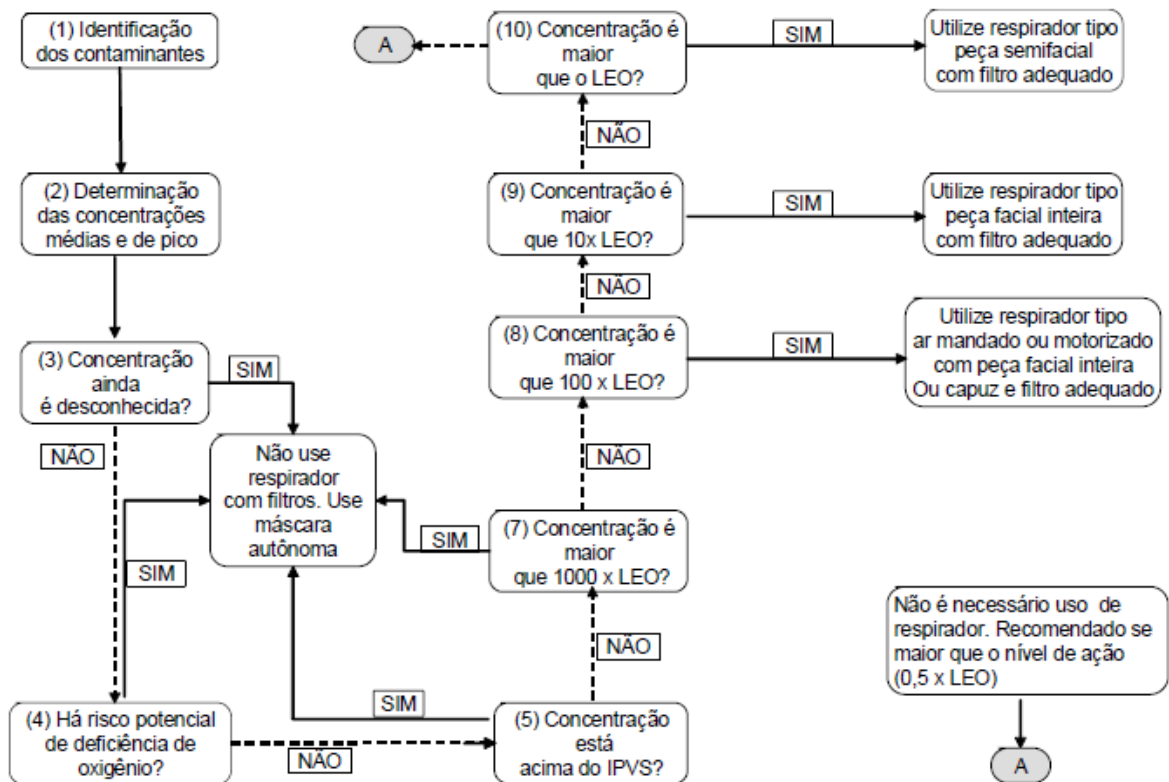
---

<sup>6</sup> “IPVS (Imediatamente Perigoso à Vida ou à Saúde): condição considerada imediatamente perigosa à vida ou à saúde. Refere-se à exposição respiratória aguda, que supõe uma ameaça direta de morte ou consequências adversas irreversíveis à saúde, imediatas ou retardadas, ou exposição aguda aos olhos que impeça a fuga da atmosfera perigosa [...]” (TORLONI, 2002, p. 55)



**Figura 17** Classificação dos equipamentos de proteção respiratória  
 Fonte: Camargo (2007)





**Figura 13** Seleção da cobertura das vias aéreas e do tipo de respirador  
Fonte: Gabas (2008)

Posteriormente, é necessário selecionar o tipo de filtro. Essa seleção dependerá das características químicas do contaminante, do seu estado físico e da maneira como foi gerado (GABAS, 2008).

Importante destacar que, para a seleção de equipamentos de proteção respiratória cujo contaminante seja aerossol que contenha sílica livre cristalizada, há recomendações específicas na referida IN 01/94 (BRASIL, 1994) que levam em conta o nível da exposição e o tamanho da partícula de sílica (TORLONI, 2002).

Para que os EPRs sejam úteis em evitar ou atenuar a exposição de trabalhadores a agentes tóxicos, toda organização em que for necessário o emprego de qualquer tipo de respirador deve elaborar um PPR nos termos da IN 01/94 (TORLONI; VIEIRA, 2003).

## 4.5 Gestão de riscos: experiências internacionais

A gestão de riscos é uma ferramenta operacional que deve ser empregada na tomada de decisão dentro de um sistema abrangente de gestão das organizações (PINTO, 2005).

Ressalta-se, portanto, dentro do marco conceitual definido neste trabalho, que a gestão de riscos é um processo operacional constituído de avaliação e controle de risco, conforme Figura 10, e integra o Sistema de Gestão em Segurança e Saúde do Trabalhador da organização, sem se confundir com ele. Nesse aspecto, apresentam-se, a seguir, exemplos de ferramentas empregadas internacionalmente na gestão de riscos químicos.

### 4.5.1 *Control Banding*

A estratégia denominada *Control Banding* (CB) deriva de iniciativa da HSE, que percebeu a necessidade de fornecer assistência a empresas de pequeno e médio porte na condução de avaliações de riscos de exposição a agentes químicos no Reino Unido. A partir de 1998, informações obtidas das fichas de segurança, as denominadas “frases R” empregadas na Comunidade Europeia, foram utilizadas para classificação dos perigos de acordo com o potencial da exposição (ZALK; NELSON, 2008).

O CB consiste em um processo de avaliação qualitativa que visa a encontrar soluções e medidas de controle diante da exposição de trabalhadores a substâncias perigosas. Normalmente, a estratégia CB é destinada a prevenir exposição ocupacional de agentes acerca dos quais não se conhecem informações toxicológicas. Originalmente, foi aplicada apenas para agentes químicos, entretanto, essa estratégia foi expandida para tópicos multidisciplinares. No início visto com desconfiança por profissionais da área de segurança e saúde do trabalhador, o CB ganhou destaque após sua aplicação no controle da exposição a nanomateriais. Sendo assim, esse processo cresceu se forma significativa ao redor do mundo e é objeto de debates técnicos intensos, como o travado na conferência da Comunidade Europeia, em 2011, denominada “Perspectives in Control Banding”, realizada em Dortmund, Alemanha (ZALK; HEUSSEN, 2011).

Segundo o NIOSH (2012), o CB é uma ferramenta potencialmente valiosa para a avaliação qualitativa de agentes químicos e de outros fatores de risco. Na falta da definição de limites de exposição, essa estratégia pode ser útil para a avaliação e o controle dos agentes ocupacionais dentro do programa de segurança e saúde no trabalho. Entretanto, destaca ainda o NIOSH, o processo do CB não veio abolir o uso de limites de exposição ocupacional, não elimina a necessidade de monitorização ambiental e a contratação de especialistas em higiene ocupacional. Ressalta, por fim, que a referida estratégia é útil para controlar a exposição a agentes perigosos para organizações de pequeno e médio porte. Para estabelecimentos maiores, o CB é de grande utilidade para que sejam definidas prioridades de ações.

Para avaliação qualitativa de agentes químicos, existem alguns *toolkits* desenvolvidos por organizações internacionais. Destacam-se o *Control of Substances Hazardous to Health (COSHH) Essentials* do Reino Unido, o *International Chemical Control Toolkit (ICCT)* da OIT, o *Simple Scheme for Hazardous Substance (EMKG)* da Alemanha e o *Stoffenmanager* da Holanda. Essas ferramentas estão resumidamente descritas adiante.

Segundo Zalk e Heussen (2011), entretanto, para que o empregador possa decidir qual processo atende melhor ao perfil de exposição de sua organização, devem-se observar dois princípios: o primeiro consiste em um modelo de validação técnica que pode ser interno (modelo de estrutura teórica) ou externo (comparação dos resultados do modelo com dados de medições independentes). Em segundo lugar, seria necessária uma análise operacional da implementação do método, com a aplicação do instrumento de gestão de qualidade PDCA<sup>7</sup> para garantir que o emprego dos *toolkits* fundamente-se em intervenções seguras nos ambientes de trabalho. Segundo os referidos autores, essa validação operacional dos sistemas ainda precisa ser aperfeiçoada para que se tenha garantia suficiente de que o trabalhador estará devidamente protegido.


---

<sup>7</sup> Ciclo PDCA: *Plan* (Planejar), *Do* (Executar), *Check* (Verificar) e *Act* (Atuar) (ANDRADE, 2003).

#### 4.5.2 COSHH Essentials: Reino Unido

A HSE disponibilizou, a partir de 1998, o *Control of Substances Hazardous to Health (COSHH) Essentials*. Consiste em uma ferramenta gratuita na internet que permite realizar avaliações qualitativas de riscos químicos particularmente para empresas de pequeno e médio porte (NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH, 2012). O Quadro 7 apresenta as abordagens de controle e a Figura 19 ilustra a referida estratégia.

**Quadro 7** Abordagem das medidas de controle

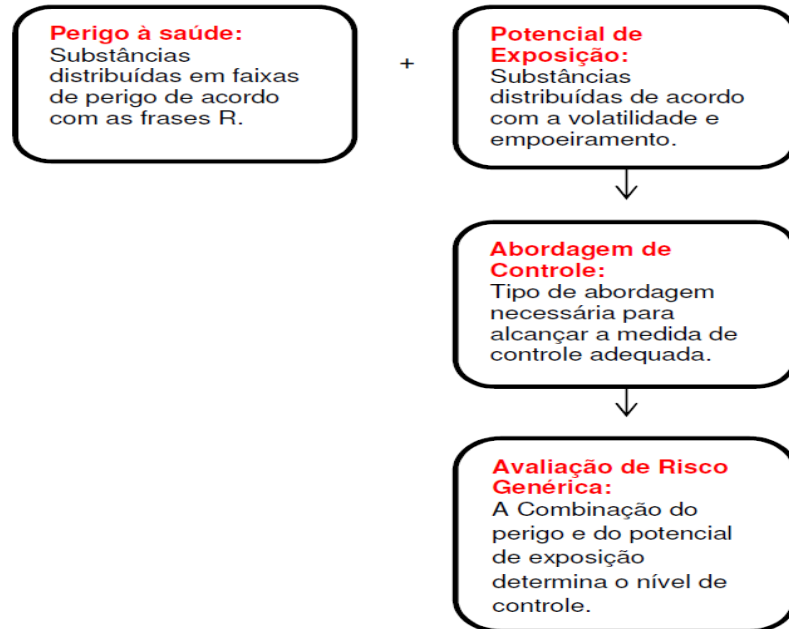
	<b>Medidas de controle</b>	
1	<b>Ventilação geral:</b> Medidas básicas de ventilação geral e boas práticas de trabalho.	<b>Menor redução da exposição</b>    <b>Maior redução da exposição</b>
2	<b>Controle de engenharia:</b> Sistemas típicos de ventilação local exaustora.	
3	<b>Restrição:</b> Restringir a utilização de substâncias perigosas ou enclausurar o processo.	
4	<b>Especial:</b> Necessária assessoria especializada para definir as medidas a serem tomadas.	<b>Suporte especial</b>

Fonte: Ribeiro, Pedreira Filho, Riederer (2007)

Ao acessar a plataforma (HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE, [201-?a]), devem-se seguir os passos indicados e alimentar o sistema com informações requeridas, tais como processo e tarefa, número de agentes químicos utilizados, identificação da substância química, “frase R” informada na ficha de segurança do produto, temperatura de operação, ponto de ebulição, quantidade da substância empregada e frequência de uso.

Após o preenchimento das referidas informações, o sistema automaticamente avalia o produto e fornece diretrizes para o controle dos riscos associados por intermédio de fichas. No que tange à indústria da fundição de metais,

há diversas fichas com informações de segurança ocupacional referentes a agentes químicos e processos operacionais (HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE, [201-?b]).



**Figura 19** Processo básico esquematizado (*COSHH Essentials*)  
Fonte: National Institute for Occupational Safety and Health (2012)

Portanto, os componentes básicos do *COSHH Essentials* são as faixas de perigo (de A a E), o potencial de exposição (volatilidade ou empoeiramento) e os métodos de controle (NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH, 2012).

#### 4.5.3 *International Chemical Control Toolkit* (ICCT) – IOHA e OIT

A OIT reconheceu o potencial do *COSHH Essentials* no controle dos riscos químicos. Sendo assim, a International Occupational Hygiene Association (IOHA) adaptou a referida abordagem e elaborou o ICCT, que foi divulgado internacionalmente (RIBEIRO, PEDREIRA FILHO; RIEDERER, 2007).

Para operar o ICCT, cinco etapas devem ser seguidas, nos seguintes termos (INTERNATIONAL LABOR OFFICE, 2009?):

- a) estágio 1: classificação do perigo – resumidamente, consiste em enquadrar a substância química em grupos (A,B,C,D e E, em ordem crescente de perigo, para inalação, e S para substâncias com potencial para causar danos aos olhos e à pele). Para determinação do grupo em que as substâncias serão enquadradas, utilizam-se as frases R indicadas nas fichas de segurança dos produtos químicos. Determinados solventes e os pesticidas são classificados de forma particular;
- b) estágio 2: classificação com base na quantidade da substância utilizada;
- c) estágio 3: classificação de acordo com o potencial de propagação do agente no ambiente – para sólidos, avalia-se a capacidade de empoeiramento e, para líquidos, a volatilidade;
- d) estágio 4: com fundamento nos dados obtidos nos estágios anteriores, localiza-se a medida de controle adequada;
- e) estágio 5: localizar a ficha de controle específica – após a identificação do controle adequado no estágio anterior, deve-se localizar a ficha de controle correspondente.

#### 4.5.4 *Simple Scheme for Hazardous Substance (EMKG), Alemanha*

Desde 2005, a Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), instituto federal alemão de segurança e saúde ocupacional, disponibiliza um guia prático para o controle de substâncias químicas no intuito de minimizar os efeitos da exposição a esses agentes por inalação e contato com a pele. O denominado EMKG é semelhante ao *COSHH Essential* da HSE, com algumas diferenças quanto à distribuição das frases R das fichas de informação de segurança nas faixas de perigo (NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH, 2012).

Em maio de 2008, o BAuA lançou a versão EMKG 2.0, que incluiu mais 300 substâncias com limites de exposição ocupacional oficiais da Alemanha. Com essa ferramenta, o usuário do sistema inicia a avaliação de risco ao realizar o enquadramento dos limites de exposição ocupacional dentro de faixas de perigo

determinadas. Há duas possibilidades de aplicação desse esquema: a primeira com o uso de medições e a segunda com a seleção de faixas de perigo abaixo dos limites de exposição ocupacional, dessa forma encontrando-se as medidas de controle necessárias. Esta última forma dispensa o uso de medições (NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH, 2012).

#### 4.5.5 *Stoffenmanager*, Holanda

Esse processo dá suporte para que sejam garantidos requisitos satisfatórios de manutenção de estoque de substâncias perigosas, avaliação e controle de riscos registrados em um inventário de riscos, planejamento das medidas de controle e armazenamento de produtos químicos de acordo com diretrizes prévias. Para elaborar o referido inventário, utilizam-se as frases R das fichas de segurança, nos moldes do *COSHH Essentials*. Dessa forma, a presente ferramenta calcula automaticamente o nível do risco e o empregador pode optar por uma das medidas de controle sugeridas (NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH, 2012).

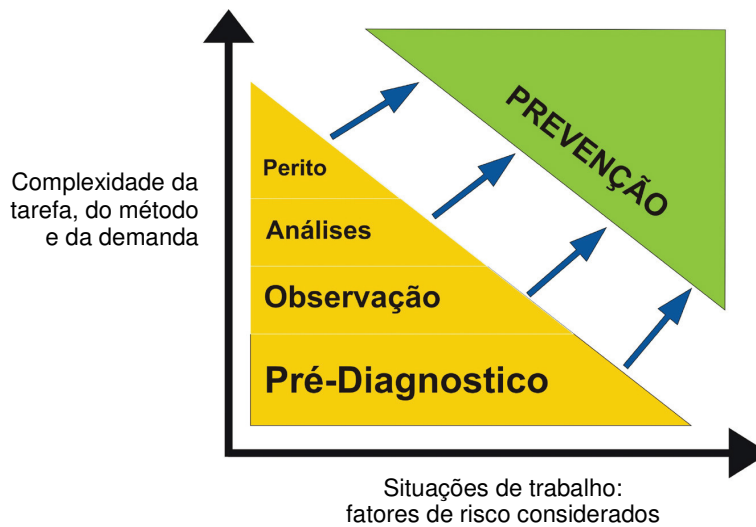
O usuário preenche formulários com dados que são mantidos em sigilo. As seguintes informações devem alimentar o sistema: data de publicação da ficha de segurança, se a substância é líquida ou sólida, fornecedor do produto e departamento em que é utilizado, composição do produto, categoria do perigo de acordo com a ficha de segurança, equipamentos de proteção individual e ventilação necessários de acordo com a referida ficha, frases de risco e de segurança. Além dessas informações, a pressão de vapor deve ser considerada quando disponível (MARQUART et al., 2008).

#### 4.5.6 A estratégia SOBANE, Bélgica

A estratégia Sobane é uma ferramenta com vários guias práticos para serem empregados em diferentes setores profissionais. Centra-se na gestão de riscos ocupacionais e seu objetivo é prevenir o risco de forma mais rápida, eficaz e participativa (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2009).

Para tanto, a referida estratégia desenvolve-se em quatro níveis progressivos de intervenção, apresentados na Figura 20: pré-diagnóstico,

observação, análise e avaliação, como descritos resumidamente a seguir (MALCHAIRE, 2009).



**Figura 20** Esquema geral da estratégia SOBANE de gestão de riscos  
Fonte: Malchaire (2009)

- a) nível 1 – pré-diagnóstico: o objetivo é identificar os problemas principais e remediar os erros flagrantes. Esse trabalho deve ser realizado por funcionários internos que conheçam, profundamente, o processo de trabalho. Por intermédio de reuniões, um grupo de trabalhadores irá refletir acerca dos fatores de risco e procurar ações imediatas de prevenção e o que precisa ser estudado com mais intensidade;
- b) nível 2 – observação: os problemas não resolvidos no nível 1 são estudados com mais profundidade. Um grupo de trabalhadores e responsáveis técnicos da organização observam, detalhadamente, as condições de trabalho no intuito de identificar as situações menos imediatas e decidir se há necessidade da participação de um profissional especializado;
- c) nível 3 – análise: os problemas não resolvidos anteriormente são enfrentados pelo grupo de trabalhadores da organização com o auxílio de conselheiros em prevenção que, para pequenas e médias empresas, normalmente são externos. Nesta fase, pode-se valer de medições simples com o objetivo de investigar as



causas do problema. Caso necessário, pode-se optar pela busca de um perito externo para medições sofisticadas e pontuais;

- d) nível 4 – especialista: esta fase deve ter a participação de trabalhadores, técnicos e conselheiros em prevenção, acrescida da assistência de peritos. Nesta etapa, são eventualmente necessárias medições especiais.

As características de cada nível são comparativamente descritas no Quadro 8.

**Quadro 8** Característica dos quatro níveis da estratégia SOBANE

	<b>Nível 1 Pré- diagnóstico</b>	<b>Nível 2 Observação</b>	<b>Nível 3 Análise</b>	<b>Nível 4 Avaliação</b>
Quando?	Sempre em todas as situações	Situações sem resolução no nível um	Casos difíceis	Casos complexos
Como?	Observações simples	Observações qualitativas	Observações quantitativas	Medições especializadas
Custo?	Baixo	Baixo	Médio	Alto
Tempo?	10 minutos	2 horas	2 dias	2 semanas
Por quem?	Pessoas da empresa	Pessoas da empresa	Pessoas da empresa + Conselheiros em prevenção	Pessoas da empresa + Conselheiros em prevenção + Peritos
Conhecimento: Situação; Trabalho.	Muito elevado	Alto	Médio	Fraco
Conhecimento: Segurança; Saúde.	Fraco	Médio	Alto	Especializado

Fonte: Malchaire (2009)

## Capítulo 5

### **Produtos e subprodutos: características e principais danos à saúde dos trabalhadores expostos**

A seguir, descrevem-se os resultados de pesquisa e de estudos acerca das características químicas e da aplicação dos principais produtos empregados e subprodutos gerados em fundições de metais ferrosos e dos consequentes danos à saúde dos trabalhadores decorrentes da exposição a esses agentes.

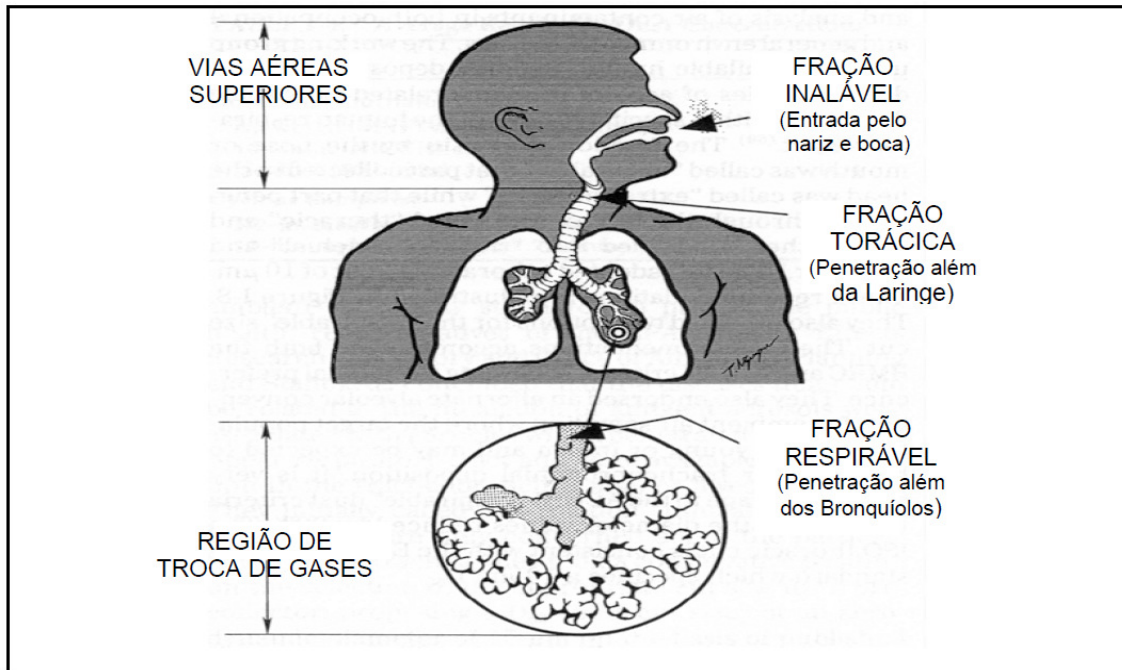
#### **5.1 Sílica**

No processo industrial de fundição de metais ferrosos, a areia é amplamente empregada, como, por exemplo, na fabricação de moldes e machos. Em muitas fundições, a areia utilizada é composta de aproximadamente 95% de sílica, agente que se encontra basicamente em duas formas: cristalina e amorfa (não-cristalina). As formas mais comuns de sílica cristalina são o quartzo, a cristobalita e a tridimita. O quartzo é a forma de sílica mais empregada em fundições, apesar de se aplicar também a cristobalita em algumas situações específicas (SCHOLZ, 2007).

A natureza das doenças causadas pela exposição a poeiras e sua probabilidade de ocorrência dependem da distribuição de tamanho da partícula, da concentração de poeira no ambiente e da forma e reatividade das partículas. No passado, apenas duas categorias de poeiras eram consideradas: poeira respirável, menores de 10  $\mu\text{m}$ , e poeira total (todo o material particulado suspenso no ar). Entretanto, a medição de massa total de partículas suspensas no ar mostrou-se inadequada para constatação dos efeitos da maioria dos aerodispersóides inalados. Na verdade, partículas maiores que 100  $\mu\text{m}$  dificilmente penetram no sistema respiratório (SANTOS, 2001).

Dessa forma, convencionou-se dividir o trato respiratório em inalável, torácico e respirável, conforme Figura 21, com tamanhos de partículas de até 100, 25 e 10  $\mu\text{m}$ , respectivamente (SANTOS, 2001).

Em processos industriais como o da fundição de ferrosos, no caso do emprego de areia contendo sílica cristalina, há que se destacar que partículas desse agente recém-fraturadas são mais tóxicas para o pulmão do que outras estabelecidas há mais tempo (BOLSAITIS; WALLACE, 1996 apud BON, 2004).



**Figura 21** Representação esquemática das principais regiões do trato respiratório e sua correspondência com as frações inalável, torácica e respirável  
Fonte: Santos (2001)

A silicose é o principal problema de saúde associado ao emprego da sílica em processos industriais. Ela é uma doença pulmonar incapacitante e progressiva ocasionada pela inalação de poeira respirável contendo partículas de sílica cristalina (SCHOLZ, 2007). A forma crônica da doença ocorre com tempo de exposição entre 10 e 20 anos, a níveis baixos de concentração de poeira. Os pacientes normalmente são assintomáticos ou apresentam sintomas que são precedidos por alterações radiológicas. O sintoma mais comum é a dispneia aos esforços (CARNEIRO; ALGRANTI, [201-?]).

Desde 1997, a sílica, sob as formas de quartzo e cristobalita, é classificada pela IARC no grupo 1, carcinogênica para seres humanos (INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER, 2013). Além disso, a exposição à sílica é relacionada a doenças como bronquite crônica, tuberculose (RIBEIRO et al., 2008b),

algumas doenças autoimunes e complicações renais (SCHOLZ, 2007; RIBEIRO et al., 2008b).

Nos Estados Unidos, entre 1990 e 1999, em uma lista liderada pela construção civil, dentre as mortes associadas à silicose em diversos segmentos industriais, o trabalho em fundições foi responsável por 5,5% dos casos, conforme disposto na Tabela 5, com 13,4% do total de 881 óbitos (NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH, 2008).

**Tabela 5** Mortes por silicose, entre 1990 e 1999, reportadas em indústrias americanas

<b>Segmento industrial</b>	<b>Número de mortes</b>	<b>Percentual</b>
Construção civil	118	13,4
Mineração de metais	86	9,8
Mineração de carvão	69	7,8
Siderurgia, usinas de laminação e acabamento	51	5,8
Fundição de aço e ferro	49	5,6
Mineração de não-metálicos e pedreiras	48	5,5
Miscelânea de minerais não metálicos e produtos de pedra	44	5,0
Indústrias manufatureiras não especificadas	33	3,8
Maquinários, exceto elétricos	23	2,6
Produtos cerâmicos estruturais	20	2,3
Outras indústrias	317	36,0
Indústrias não reportadas	23	2,6
<b>Total</b>	<b>881</b>	<b>100</b>

Fonte: National Institute for Occupational Safety and Health (2008)

Rosenman et al. (1996) avaliaram o risco do desenvolvimento de pneumoconioses em 1.072 trabalhadores, entre aposentados e ativos, com no mínimo cinco anos de exposição à sílica em uma fundição do setor automotivo americano. Constatou-se que 6% dos trabalhadores entre 20 e 29 anos de idade e 12% entre aqueles com mais de 30 anos de idade apresentaram radiografias com consistência para silicose. Segundo o referido estudo, as principais funções com resultados sugestivos foram as dos trabalhadores que removiam areia das peças metálicas, dos macheiros, dos moldadores e dos desmoldadores. Constataram-se

radiografias sugestivas de silicose mesmo em concentrações abaixo dos limites de exposição ocupacional vigentes à época: OSHA (1,0 mg/m<sup>3</sup>) e NIOSH (0,05 mg/m<sup>3</sup>).

Yassin, Yebesi e Tingle (2005) avaliaram a exposição à sílica em diversos segmentos industriais nos Estados Unidos entre 1988 e 2003. As maiores concentrações encontradas, na indústria de fundição, foram para os trabalhadores responsáveis pela quebra de canal e massalotes (0,154 mg/m<sup>3</sup>), operador de máquina Hunter (0,093 mg/m<sup>3</sup>), carregador (0,091 mg/m<sup>3</sup>) e macheiro (0,078 mg/m<sup>3</sup>). Os referidos autores também concluíram que, em relação ao período de 1979 a 1987, houve uma significativa redução dos níveis de exposição à sílica na indústria de fundição naquele país. A concentração relativa aos operadores de forno, por exemplo, foi de 0,142 mg/m<sup>3</sup> para 0,066 mg/m<sup>3</sup> (redução de 53,5%). Esse resultado foi atribuído a ações governamentais de fiscalização, como o denominado *Special Emphasis Program* (SEP) para silicose, cujo intuito era direcionar tais ações para segmentos industriais específicos a fim de reduzir a ocorrência de doenças relacionadas à exposição à sílica.

Em 2007, a American Foundry Society (AFS) publicou manual específico para o controle da exposição de trabalhadores à sílica em fundições. Nesse material, há informações acerca da gestão de risco, com direções sobre a identificação e o controle das fontes de emissão de poeiras contendo sílica em fundições (SCHOLZ, 2007).

Pesquisa realizada na Suécia (ANDERSSON et al., 2009) avaliou quantitativamente 436 amostras de ar coletadas em fundição de ferrosos. O resultado apresentado destaca 56% de amostras acima dos limites de exposição ocupacional da ACGIH para a sílica (0,025 mg/m<sup>3</sup>). Em algumas atividades, como a desmoldagem, o resultado foi de 94% de amostras acima do referido limite.

Outro estudo foi recentemente publicado nesse mesmo país (ANDERSSON et al., 2012). Embora não conclusivo quanto à ocorrência de câncer de pulmão em trabalhadores expostos à sílica, a pesquisa reforça os resultados do estudo mencionado no parágrafo anterior quanto aos elevados índices de concentração de sílica em fundições de ferrosos.

LEE (2009) apresentou resultado de uma fiscalização do governo americano em uma fundição de metais ferrosos de médio porte, em que foi avaliada a presença de sílica livre, dentre outras substâncias, no ambiente de trabalho. Os nove pontos de coleta, distribuídos nos setores de acabamento, macharia, moldagem e desmoldagem, apresentaram concentrações que variaram entre 0,988 e 4,38 mg/m<sup>3</sup>. Todos os valores encontrados estavam acima dos limites de exposição da OSHA (PEL), calculados em função da porcentagem de sílica presente na poeira.

Zhang et al. (2010) realizaram um estudo de coorte em uma fundição automotiva na China, entre 1980 e 2008, com o objetivo de estabelecer a relação entre a ocorrência de silicose e a exposição cumulativa à poeira contendo sílica, além de empregar um modelo de regressão para prever o risco do desenvolvimento da referida doença. Dos 2.003 trabalhadores avaliados, 1.298 pertenciam ao grupo de expostos, com 46 casos de silicose, e 705 pertenciam ao grupo controle, com dois desses casos. Conforme descrito na Tabela 6, o setor com maior número de casos foi o de desmoldagem e acabamento. Os pesquisadores concluíram que o risco de silicose é bem mais alto nos expostos do que nos trabalhadores pertencentes ao grupo controle.

**Tabela 6** Casos de silicose em uma fundição na China entre 1980 e 2008

<b>Grupos</b>	<b>Setor</b>	<b>Nº trabalhadores</b>	<b>Número de casos</b>
Expostos	Total	1.298	46
	Preparação de areia	140	3
	Desmoldagem e acabamento	192	15
	Fusão	240	4
	Moldagem	202	14
	Macharia	293	8
	Ponte rolante	163	0
	Vazamento	68	2
Controle		705	2
<b>Total</b>		<b>2.003</b>	<b>48</b>

Fonte: Zhang et al. (2010)

Quanto à técnica analítica na avaliação quantitativa de sílica cristalina, emprega-se a difratometria de raios X ou a espectrofotometria no infravermelho (FUNDACENTRO, 2009).

Nas etapas de moldagem e fabricação de machos, o processo produtivo das indústrias de fundição emprega majoritariamente areia verde, que contém argila em sua composição (CARNIN et al., 2012).

Ojima (2003) destacou que, na técnica de espectrofotometria no infravermelho, a interferência oriunda da presença de argila nas amostras pode ocasionar aumento do resultado da avaliação da concentração de sílica cristalina.

Segundo Lima e Camarini (2006), a determinação da sílica livre cristalina por difração de raios-X sofre menos interferência dos compostos presentes em certas argilas e feldspatos do que na aplicação da técnica de espectrofotometria no infravermelho.

No Brasil, destaca-se o Programa Nacional de Eliminação da Silicose (PNES), lançado em junho de 2002, com o objetivo de promover a redução significativa da incidência de silicose até 2015 e a eliminação dessa doença como problema de saúde pública até 2030 (ALGRANTI, 2012). Como produto do PNES, destaca-se a criação de um sítio na internet com informações sobre sílica, silicose e o referido programa (FUNDACENTRO, 2013b). O PNES também promove a capacitação técnica sobre leitura radiológica das pneumoconioses com a finalidade de treinar médicos para atendimento a trabalhadores expostos à poeira mineral (ALGRANTI, 2012).

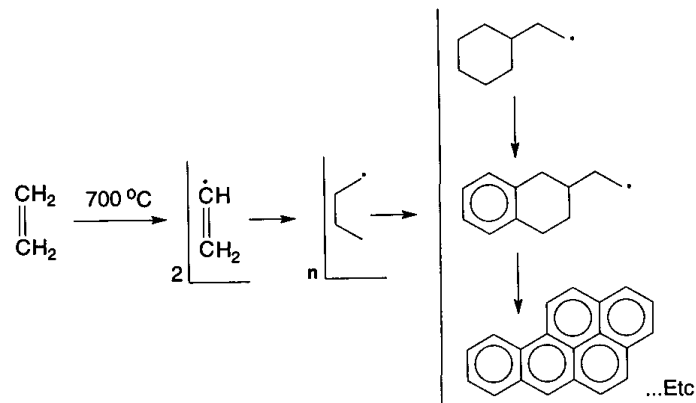
## **5.2 Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA)**

No processo produtivo de fundição de metais ferrosos, ocorrem reações secundárias com efeitos toxicológicos relevantes que envolvem diversos agentes químicos. Dentre elas, destaca-se a formação de HPAs pela combustão incompleta de material orgânico, os quais ficam dispersos no ambiente nas formas gasosas e como material particulado, principalmente nas atividades de fusão e de vazamento (SILVA, 2010).

Há mais de cem compostos orgânicos na família dos HPAs, agente formado por carbono e hidrogênio. Na fase gasosa, apresenta de dois a três anéis aromáticos e, como particulado, cinco ou mais (CARUSO; ALABURDA, 2008).

A formação de HPAs está vinculada a diversos fatores, dentre eles o calor. Há um aumento linear da concentração desse agente entre 400° e 1.000 °C (CARUSO; ALABURDA, 2008), o que torna relevante sua avaliação ocupacional em fundição de metais ferrosos.

Segundo Lopes e Andrade (1996), a formação de HPAs é complexa e depende de fatores como pressão e temperatura. Conforme esquema destacado na Figura 22, a reação envolve a polimerização, via radicais livres, até a formação de núcleos aromáticos condensados.



**Figura 22** Formação de HPAs  
Fonte: Lopes e Andrade (1996)

Knecht, Elliehausen e Woitowitz (1986) constataram que os HPAs formados em fundições de ferrosos podem se apresentar na forma gasosa ou adsorvidos em partículas de poeira. Avaliaram o processo de desmoldagem e concluíram que, em 20 tipos de HPAs, somente o benzo[a]fluoreno, o benzo[b]fluoreno e o criseno/trifenileno apresentaram concentrações maiores como particulados em comparação com a fase gasosa. Esse fato deve-se à alta temperatura da areia na desmoldagem, que inibe a adsorção de HPAs. Sendo assim, nesta etapa do processo, predomina a fase gasosa dos HPAs.

Omland et al. (1994) constataram que o 1-Hidroxipireno na urina é um indicador biológico da presença de HPAs no organismo de pessoas expostas. Além disso, concluíram que todos os HPAs carcinogênicos encontravam-se, na referida pesquisa, adsorvidos em poeiras.



Boffetta, Jourenkova e Gustavsson (1997) publicaram revisão acerca de evidências epidemiológicas da relação entre a exposição a HPAs e a ocorrência de câncer. O estudo conclui que a alta exposição a misturas de HPAs eleva significativamente os riscos de câncer de pulmão, pele e bexiga, sendo o primeiro tipo o mais comum. Com relação às fundições, devido à presença de outros agentes carcinogênicos, como a sílica e metais pesados, os referidos autores afirmam ser difícil avaliar isoladamente a contribuição dos HPAs nos casos de câncer.

Yang et al. (2002) avaliaram 21 HPAs em 12 fundições em Taiwan. A pesquisa revelou que há diferenças significativas na composição dos HPAs que se encontram na fase gasosa e como particulados. Essa constatação deve-se ao fato de que HPAs com peso molecular baixo vaporizam mais rapidamente, enquanto que aqueles com elevado peso molecular apresentam baixa pressão de vapor e, conseqüentemente, não vaporizam com facilidade.

Preuss et al. (2005) avaliaram a exposição de trabalhadores ao naftaleno, um dos compostos de HPA, em diversos segmentos industriais. Os autores afirmam que a concentração de naftaleno em diversos ambientes de trabalho normalmente é maior que dos outros HPAs. Yang et al. (2002) e Silva (2010) também constataram que o naftaleno foi o composto mais abundante dentre os HPAs encontrados em pesquisa de campo. Por fim, Preuss et al. (2005) afirmam que o tabagismo contribui para a absorção de HPAs em geral e confirmam, por meio da pesquisa, a influência do tabaco na absorção do naftaleno.

Srogi (2007) publicou uma detalhada revisão com uma visão geral acerca da concentração de HPAs encontrada em diversos ambientes de trabalho. A referida pesquisa afirma que existem alguns segmentos industriais, dentre eles as fundições de ferrosos, com elevado risco de ocorrência de câncer entre os expostos a HPAs.

Bosetti, Boffetta e La Vecchia (2007) revisaram estudos epidemiológicos em diversos segmentos industriais em que há exposição de trabalhadores a HPAs. Com relação às fundições de metais ferrosos, os referidos autores concluíram que há risco do desenvolvimento de câncer no trato respiratório. Entretanto, os resultados são questionáveis devido à presença, no mencionado ambiente de trabalho, de outros agentes carcinogênicos, como a sílica e o asbesto.

Silva (2010) detectou a presença de dezesseis HPAs em fundição de metais ferrosos. Desses, segundo o IARC (2013), o benzo[*a*]pireno está classificado no grupo 1 (carcinogênico para humanos), o dibenzo[*a,h*]antraceno no grupo 2A (provavelmente carcinogênico para humanos) e, no grupo 2B (possivelmente carcinogênico para humanos), encontram-se o benzo[*a*]antraceno, o criseno, o benzo[*b*]fluoranteno, benzo[*k*]fluoranteno e o indeno[1,2,3-*cd*]pireno.

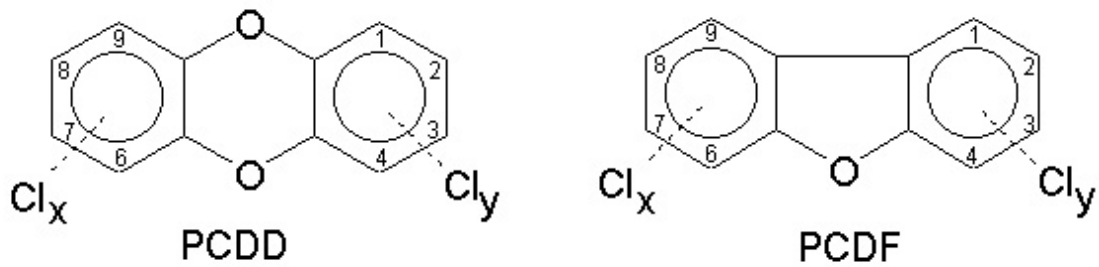
Liu et al. (2010) avaliaram a concentração de HPAs em duas fundições de ferrosos em Taiwan. O referido artigo aponta níveis elevados de concentração de HPAs não só em setores produtivos, mas também em áreas administrativas, provavelmente devido a problemas no *layout* e na exaustão do ambiente fabril. Ressalta, ainda, o elevado risco de câncer baseado na exposição ao benzo[*a*]pireno.

O mesmo estudo aponta que, em uma das fundições que utiliza forno de indução elétrica, dos dezesseis tipos de HPAs pesquisados, 98,67% deles encontravam-se na fase gasosa. Esse resultado leva a concluir que os equipamentos de proteção individual de algodão utilizados são ineficientes na efetiva prevenção dos efeitos do referido agente.

A predominância de HPAs na fase gasosa em fundições de ferrosos foi estudada por Silva (2010), que verificou também que os HPAs carcinogênicos e/ou genotóxicos predominavam no ambiente como particulados. Paralelamente, o referido estudo destacou que as maiores concentrações de HPAs foram encontradas na área de vazamento do metal fundido nos moldes.

### **5.3 Dioxinas e furanos**

Comumente conhecidos como dioxinas e furanos, as dibenzo-*p*-dioxinas policloradas (PCDD) e os dibenzo-furanos policlorados (PCDF) são classes de compostos aromáticos tricíclicos, fórmula geral representada na Figura 23, com propriedades físicas e químicas semelhantes. Aos anéis benzênicos, ligam-se átomos de cloro, em um total de 210 compostos, 75 dioxinas e 135 furanos (ASSUNÇÃO; PESQUERO, 1999).



**Figura 23** PCDD e PCDF  
 Fonte: Assunção e Pesquero (1999)

As dioxinas e os furanos são subprodutos não intencionais (ASSUNÇÃO; PESQUERO, 1999). Em processos térmicos, para formação desses agentes, há necessidade da presença de carbono, oxigênio, hidrogênio e cloro, com temperaturas na faixa de 200° a 650 °C (UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 2005).

Segundo Holtzer, Danko e Danko (2007), dioxinas e furanos são formados em um processo térmico por intermédio de dois mecanismos básicos:

- a) combustão incompleta de agentes químicos denominados precursores, que possuem estruturas similares às dioxinas e aos furanos, e posterior reagrupamento atômico. Destacam-se, como precursores, o PCB (bifenila policlorada), o PVC (cloreto de polivinila), os benzenos clorados e os pentaclorofenóis;
- b) síntese conhecida como *de novo*, em que não ocorre a presença dos referidos precursores. Neste mecanismo, dioxinas e furanos são formados pela presença de átomos de carbono, oxigênio, hidrogênio e cloro na combinação de metais (ex: cobre e ferro) que funcionam como catalisadores. Esse é o principal mecanismo de formação de dioxinas e furanos e fundições de metais ferrosos.

Existem 17 compostos de dioxinas e furanos com maior relevância sob o ponto de vista toxicológico. O 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-dioxina possui a toxicidade aguda mais elevada e, por esta razão, é referência para que se estabeleça a relação

deste com a toxicidade dos diversos compostos de dioxinas e furanos, conhecida como toxicidade equivalente – TEQ (ASSUNÇÃO; PESQUERO, 1999).

Segundo a OMS (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2010), a análise química quantitativa das dioxinas é realizada por intermédio de métodos sofisticados disponíveis em apenas alguns países industrializados do mundo. Sendo assim, algumas nações, registradas em lista da União Protetora do Ambiente Natural [2006?], utilizam uma ferramenta padronizada para identificação e avaliação de dioxinas e furanos desenvolvida pela UNEP (2005) para uma primeira estimativa do potencial tóxico das fontes de PCDD/PCDF.

Dentre os efeitos à saúde, destaca-se que:

- a) exposição de curto prazo a altas concentrações de dioxinas pode causar lesão de pele conhecida como cloroacne e alterações nas funções hepáticas (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2010);
- b) exposição de longo prazo pode causar disfunção do sistema imunológico, efeitos sobre a tireoide e a função reprodutora, além de afetar o desenvolvimento neurológico. Ressalta-se ainda que o 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-dioxina, o 3,4,5,3',4'-pentaclorobifenil e o 2,3,4,7,8-pentaclorodibezofurano são classificados pela IARC no grupo I, carcinogênico para seres humanos (INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER, 2013).

Um projeto europeu denominado *Diofur Project*, concluído em 2009, resultou na publicação de um guia com orientações práticas para que os responsáveis por fundições fossem capazes de eliminar as fontes de emissão de dioxinas ou minimizá-las (FEDARACIÓN ESPAÑOLA ASOCIACIONES FUNDIDORES et al., 2009). O estudo ressalta que a formação de dioxinas em fundição está relacionada com o tipo de forno e a qualidade da matéria-prima empregados no processo produtivo. O referido guia apresenta uma classificação numérica dos fornos e das matérias-primas de acordo com o potencial de formação de dioxinas, conforme disposto na Tabela 7. Comumente, usam-se sucatas como matéria-prima para fundições que, quando não são devidamente limpas e tratadas, apresentam

contaminação por tintas, óleos e plásticos. Alguns tipos de fornos, como o de cubilô, empregam o coque como carga. Esses dois exemplos, representam processos com alto risco de formação de dioxinas.

**Tabela 7** Potencial de formação de dioxinas

<b>Matéria-prima</b>	<b>Classificação</b>	<b>Tipo de forno</b>	<b>Classificação</b>
Ferro gusa	5	Forno rotativo	4
Metais de retorno	5	Cubilô	1
Sucata de ferro	1	Forno de indução	5
Lâminas de aço	4	Arco elétrico	3
Sucata de aço	4		
Cavacos	1		

Nota: Escala (0-5) 0 = mais perigoso 5 = mais seguro  
 Fonte: Fedaración Española Asociaciones Fundidores et al. (2009)

Holtzer, Danko e Danko (2007) analisaram o potencial de formação e emissão de quatro tipos de fornos em fundição de metais ferrosos:

- a) forno de cubilô: carbono e cloro são originados da carga de coque empregado no processo. A mencionada síntese *de novo* ocorre principalmente durante o resfriamento dos gases de escape;
- b) fornos rotativos: a carga geralmente consiste em materiais livres de impurezas. Há a possibilidade da ocorrência da síntese *de novo* quando os gases, que chegam a 1.300°C, são resfriados lentamente;
- c) fornos de indução: há limitada possibilidade do uso de ligas aditivas. Sendo assim, a carga é constituída basicamente de materiais puros. O fluxo de gases de escape aquecidos não resfria lentamente. O guia Diofur (FEDARACIÓN ESPAÑOLA ASOCIACIONES FUNDIDORES et al. 2009) acrescenta que, pelos motivos descritos anteriormente, não há fonte potencial de cloro e a ocorrência da síntese *de novo* é pouco provável;

- d) forno a arco: permite o emprego de ligas aditivas e sucatas contaminadas. Dessa forma, no resfriamento dos gases de escape, é possível a formação de dioxinas e furanos.

Algumas técnicas podem ser empregadas para o controle da emissão ou da formação de dioxinas. Inibidores químicos, como compostos contendo ureia, nitrogênio, enxofre e óxidos metálicos são soluções com menor custo financeiro e que reduzem a formação de dioxinas. Lavadores de gás, filtros de poeira, injeção de adsorventes antes dos filtros, dentre outros, podem ser utilizados no controle (FEDARACIÓN ESPAÑOLA ASOCIACIONES FUNDIDORES et al., 2009).

LV et al. (2011) analisaram quatorze fundições de ferro chinesas, todas empregando fornos cubilô, com processos industriais diversos. O estudo ressalta que há maior emissão de dioxinas nos fornos cubilô de ar quente dos que nos de ar frio e maiores índices quando empregada sucata como matéria-prima.

#### **5.4 Resinas e catalisadores**

Segundo Soares (2000), durante o processo de confecção de moldes e machos em areia, são empregados aglomerantes com a função de ligar os grãos entre si, o que confere às peças resistência às solicitações dinâmicas, estáticas e térmicas provocadas pelo metal líquido. Os aglomerantes podem ser divididos em orgânicos (açúcares, melão de cana e amido de milho), inorgânicos (bentonita) e sintéticos (resinas e catalisadores). As resinas podem ser termoendurecíveis (cura a quente) ou autoendurecíveis (cura a frio).

A vantagem do emprego de resinas como aglomerantes deve-se à excelente resistência conferida aos moldes e machos, à boa colapsibilidade (perda de resistência da areia após o início de solidificação da peça) e à capacidade de fabricação de seções finas. Existem diversos tipos de resinas e catalisadores no mercado, o que aumenta a necessidade de conhecer e reduzir os efeitos da exposição dos trabalhadores a esses agentes (SOARES, 2000).

Resinas fenólicas são comumente empregadas em fundições. Elas são formadas por polímeros de fenol ou pela combinação de fenóis e formaldeído. Na

produção de moldes, podem ser gerados compostos como fenol, benzeno, HPAs, dióxido de enxofre e sulfeto de hidrogênio (PEIXE; NASCIMENTO, 2008).

A resina fenólica denominada Novolak® é empregada no processo de confecção de moldes e machos conhecido como moldagem em casca ou *shell molding*, processo ilustrado na Figura 24, que consiste na aglutinação da areia com aplicação da referida resina a quente (220°C) mediante emprego de maçaricos (PEIXE; NASCIMENTO, 2008).



**Figura 24** Processo *shell molding*  
Fonte: Peixe e Nascimento (2008)

Outra aplicação dos aglomerantes é a utilização de resinas de cura a frio. Os processos conhecidos são a cura a frio e o *cold box*, ou caixa a frio (SOARES, 2000). Aminas terciárias, dentre elas a trietilamina (TEA), são empregadas como catalisadores na fabricação de moldes e machos quando se utilizam os referidos processos. No emprego do sistema *cold box*, a areia é prensada em caixas e a amina é bombeada por pressão por intermédio de uma mangueira para produção dos moldes e machos. Os operadores das máquinas *cold box* ficam expostos a esses catalisadores quando há escape de areia pelas vedações das caixas, no vazamento de amina pelas referidas mangueiras, ou quando o molde ou o macho são retirados da caixa antes do término do processo de cura (REILLY et al., 1995).

Possíveis danos à visão de trabalhadores expostos à TEA no processo *cold box* foram objeto de pesquisa de Reilly et al. (1995). Nesse intuito, avaliaram a córnea de 51 trabalhadores entre expostos à TEA e grupo controle em uma fundição localizada em Indiana, nos Estados Unidos, sendo que 59% dos trabalhadores avaliados reportaram sintomas na visão, apesar de não serem constatados edemas nas córneas.

Järvinen et al. (1999) pesquisaram os efeitos à visão a altas concentrações de TEA e concluíram que quatro horas de exposição a  $40\text{mg}/\text{m}^3$  em repouso ao referido agente químico causam edema e irregularidades no epitélio da córnea e microcistos subepiteliais, o que pode deixar a visão dos expostos turva. Além disso, constatou-se também que exposição a  $6,5\text{ mg}/\text{m}^3$  (1,6 ppm) já causa efeitos mensuráveis e que, à concentração de  $3,0\text{ mg}/\text{m}^3$  (0,7 ppm), não foram encontradas reações físicas adversas.

Yoshida et al. (2001) avaliaram 12 trabalhadores que produziam machos no processo *cold box* em uma fundição japonesa e, conseqüentemente, estavam expostos à TEA. O referido estudo aponta que, mesmo para concentrações próximas a 1 ppm ( $4,13\text{ mg}/\text{m}^3$ ), os trabalhadores expostos podem desenvolver distúrbios visuais transitórios com risco da ocorrência de acidentes automobilísticos para aqueles que dirigem seus veículos após a jornada de trabalho.

Westberg et al. (2005) constataram a presença, no ar, de isocianato de metila (MIC), ácido isociânico (ICA) e formaldeído em quatro fundições na Suécia que empregam o processo de cura a quente (*hot box*) na fabricação de machos e moldes. Todas as organizações avaliadas empregavam, no referido processo, a resina formaldeído-carbamida, com menos de 1% de formaldeído, nitrato de amônia (10-15%), ureia, hidróxido de sódio ou água. Como resultado das avaliações, foram encontradas, para jornadas de trabalho de 8 horas, concentrações de MIC entre 4 e  $31\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ , de ICA entre 4 e  $190\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$  e de formaldeído na faixa de 14 a  $1600\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

O MIC é um perigoso composto tóxico. A inalação, ingestão e absorção pela pele pode afetar seriamente os pulmões, os olhos e a epiderme (PATNAIK, 2011). Períodos longos de exposição podem causar danos aos pulmões e altas concentrações podem ser fatais (AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES & DISEASE REGISTRY, 2002).

Não foram encontrados registros de estudos acerca da toxicidade do ICA. Essa ausência de dados também foi registrada por Westberg et al. (2005) e pela HSE (2008).



Dungan e Reeves III (2005) identificaram os principais produtos da pirólise das resinas empregadas em areia de fundição. No estudo, avaliaram resinas à base de fenol-formaldeído (PU e Novolak®) e furânica (álcool furfurílico). Os referidos autores concluíram que, devido à decomposição térmica, diversos produtos importantes do ponto de vista toxicológico são formados e podem estar dispersos no ar, sendo o benzeno e o fenol os principais.

Peixe e Nascimento (2008) aplicaram métodos analíticos para determinação do fenol no ambiente de trabalho e na urina de trabalhadores que empregam resinas fenólicas em fundição de metais sanitários. Apesar de não serem encontradas concentrações relevantes de fenol no ambiente, quatro resultados dos exames de urina (26,0; 30,3; 34,7 e 38,1 mg/g creatinina), em uma amostra de 10 trabalhadores, estavam acima dos valores de referência (VR) do NIOSH (intervalo de 4,5 a 20,7 mg/g creatinina) e da NR-7 (20 mg/g creatinina).

Segundo Oliva-Teles et al. (2009), os aglomerantes mais empregados na produção de moldes e machos em areia nas fundições são as resinas furânicas e fenólicas alcalinas. O formaldeído está presente na composição delas. Os referidos autores pesquisaram a variação, ao longo do tempo, dos percentuais de formaldeído presentes na areia após sua utilização. Os pesquisadores concluíram que, com a cura dos moldes e dos machos, há um decréscimo do percentual de formaldeído na areia. Esse fato deve-se às reações de polimerização das resinas. Os autores afirmam, portanto, que a maioria do formaldeído presente nas resinas é liberada para o ambiente de trabalho, devendo ser adotadas medidas que garantam a proteção da saúde das pessoas expostas.

A IARC ressalta a constatação acima e afirma que diversas reações secundárias podem acontecer quando resinas e catalisadores empregados na moldagem e na fabricação de machos são submetidos a altas temperaturas. Como exemplo, destaca a emissão de formaldeído no emprego de resinas fenólicas (INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER, 2012a).

Liljelind et al. (2010) avaliaram os efeitos da exposição de trabalhadores ao metileno difenil isocianato (MDI) em uma fundição de metais ferrosos na Suécia. Na indústria da fundição, esse agente é empregado basicamente na cura de machos no

processo *cold box*. O estudo concluiu que, apesar da concentração de MDI no ar ser de aproximadamente cinquenta vezes menor que o limite de exposição ocupacional sueco, os resultados da pesquisa indicavam potencial penetração do referido agente na pele dos trabalhadores expostos, mesmo com o uso de luvas de algodão. Os autores ainda ressaltaram que há evidências toxicológicas e epidemiológicas de que a exposição da pele a diisocianatos tem relação com a sensibilização respiratória e a asma ocupacional, mesmo nos casos em que a exposição foi considerada baixa ou não detectada.

Tiedje et al. (2010) avaliaram a emissão de compostos orgânicos originados de resinas como ligantes de moldes e machos de areia. No estudo, selecionaram-se três tipos de ligantes: resina furânica (álcool furfurílico – FA), fenol uretânico (PU) e resol-CO<sub>2</sub> (RC). Analisaram-se resinas FA com dois tipos de catalisadores (ácido p-tolueno sulfônico – PTA e ácido benzeno sulfônico – BSA), três tipos de resinas PU empregadas em cura a frio e duas variedades de resinas RC. A avaliação constatou que os principais compostos emitidos para todos os tipos de resinas são benzeno e monóxido de carbono e, especificamente, o fenol, que é encontrado em resinas furânicas FA.

## 5.5 Fumos metálicos

Fumos são definidos como:

aerodispersóides, gerados termicamente, constituídos por partículas sólidas formadas por condensação de vapores, em geral após volatilização de substância fundida, [...] frequentemente acompanhada de reação química, tal como a oxidação. (TORLONI, 2002)

Especificamente, os fumos metálicos são formados pela evaporação, condensação e oxidação de metais dispersos no ar (TOSSAVAINEN, 1976).

Na atividade de fundição de metais ferrosos, a emissão de fumos metálicos depende de diversos fatores, como o tipo de metal empregado, a temperatura e a qualidade da sucata utilizada como matéria-prima (HANSEN, 1997).

Silva (2010) avaliou os seguintes elementos-traço emitidos na forma de fumos metálicos em uma fundição de metais ferrosos: alumínio (Al), ferro (Fe),

manganês (Mn), zinco (Zn), arsênio (As), chumbo (Pb), cromo (Cr), níquel (Ni), berílio (Be), cádmio (Cd) e vanádio (V). A coleta de ar realizou-se no verão, no outono e no inverno. Foram encontrados os oito primeiros elementos, sendo que somente os quatro primeiros estavam presentes em todas as estações do ano. O arsênio, encontrado no outono, foi o único elemento-traço cujas concentrações detectadas ultrapassaram os principais limites de exposição ocupacionais utilizados como referência na pesquisa.

As concentrações dos elementos-traço que compõem os fumos metálicos variam, além da qualidade da matéria-prima, em função do tipo de forno empregado. Tossavainen (1976) constatou diferenças nas concentrações médias de alguns elementos-traço em diferentes tipos de fornos empregados em 10 fundições de aço, 15 fundições de ferro e 11 fundições de cobre, todas finlandesas. Como exemplo, a concentração média de níquel, quando se empregou forno de indução elétrica, foi de 0,15%, enquanto foi registrado 0,045% para o forno de arco elétrico.

Alguns agentes químicos que normalmente compõem os fumos metálicos em fundições de metais ferrosos são relevantes do ponto de vista toxicológico. No grupo I da IARC, carcinogênico comprovado para seres humanos, figuram o arsênio, compostos de cromo hexavalente e compostos de níquel. No grupo 2A, provavelmente carcinogênico para seres humanos, encontram-se os compostos de chumbo inorgânico (INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER, 2013).

Segundo o NIOSH (2013a), o cromo hexavalente é formado como subproduto das operações que empregam o elemento metálico cromo e, na lista dessas atividades, encontra-se a fundição de metais ferrosos. Nesse mesmo entendimento, a SWA (2013) ressaltou a possibilidade de formação de cromo III e cromo hexavalente durante a fusão, o vazamento e o acabamento de ligas de aço inox ou de cromo. Algranti, Buschinelli e Capitani (2010) também destacaram a possível formação de cromo hexavalente em fundições de aço inoxidável.

Adicionalmente, convém ressaltar que, em estudo recente, o NIOSH recomendou a concentração de  $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  como limite de exposição ocupacional para todos os compostos de cromo hexavalente (NATIONAL INSTITUTE FOR

OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH, 2013). A título de comparação, destaque-se que os valores limites da ACGIH são 0,01 mg/m<sup>3</sup> para compostos insolúveis e 0,025 mg/m<sup>3</sup> para solúveis do referido agente químico (AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS, 2012). Portanto, há uma evidente intenção do NIOSH de que a eventual formação de cromo hexavalente em ambientes de trabalho se dê em concentrações muito baixas.

### **5.6 Câncer relacionado ao trabalho em fundições: estudos epidemiológicos<sup>8</sup>**

Em fundição de metais ferrosos, encontram-se dispersos no ambiente diversos agentes cancerígenos como sílica livre, HPAs, fumos metálicos (alguns metais na composição, como o níquel), formaldeído, dentre outros (INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER, 2012a).

Por volta de treze estudos de coorte foram realizados em fundições de metais ferrosos, em diversas partes do mundo. Praticamente todas essas pesquisas revelaram aumento dos casos de câncer de pulmão em trabalhadores inseridos no referido tipo de ambiente de trabalho. Dessa forma, a exposição ocupacional no processo de fundição de metais ferrosos foi classificada pela IARC como carcinogênica para humanos, grupo I (INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER, 2013).

Koskela et al. (1976) encontraram evidências do aumento de casos de câncer de pulmão em fundições de metais ferrosos na Finlândia, especialmente em moldadores, quando comparado com mortes esperadas naquele país. Tola et al. (1979) também indicam que os trabalhadores em fundições apresentam maior risco de ter câncer de pulmão. Os autores sugerem, como causa, a exposição a HPA, embora enfatizem que havia a necessidade de estudos mais aprofundados acerca desse fator causal.

---

<sup>8</sup> Epidemiologia: “estudo comparativo da distribuição dos fenômenos de saúde/doença e seus fatores condicionantes e determinantes nas populações humanas. Esse estudo permite a quantificação dos eventos patológicos, além de propiciar a avaliação da eficácia das intervenções realizadas” (ROCHA, 2011).

Dois estudos de caso-controle apresentaram significativo excesso de casos de câncer de pulmão em associação com trabalho em fundição de ferrosos. Blot et al. (1983) realizaram a pesquisa em uma área industrializada no leste da Pensilvânia, nos Estados Unidos, e constataram o elevado risco da ocorrência de câncer do pulmão em trabalhadores de fundição de aço. Becher et al. (1989) desenvolveram seus estudos na Cracóvia, Polônia, e detectaram acentuado risco de câncer de pulmão em trabalhadores expostos por longo período tanto em fundição de aço, como de ferro.

Moulin et al. (1993) realizaram estudo de coorte em uma fundição de aço inoxidável localizada na França, referente ao período de 1968 a 1984. Os autores observaram elevado número de mortes por câncer de pulmão, com razão de mortalidade padronizada (Standardized Mortality Ratio – SMR) = 2,29 entre os trabalhadores de fundição, e destacaram que os índices mais altos estão entre fundidores com mais de 30 anos da primeira exposição, SMR = 3,24. Por fim, ressaltaram que esses trabalhadores estavam expostos a substâncias como fumos metálicos (ferro, cromo e níquel), sílica, HPAs, monóxido de carbono e formaldeído.

A taxa de ajuste denominada SMR é uma técnica muito utilizada em estudos de coorte. Ela tem como numerador a quantidade de casos de morte observados e o denominador é obtido pela multiplicação das taxas específicas por estrato da população de referência pelo índice correspondente a pessoas-ano no grupo estudado. Normalmente, o grupo de não expostos é uma população externa de referência, nacional ou regional (CHECKOWAY; PEARCE; CRAWFORD-BROWN, 1989).

Adzersen et al. (2003) realizaram pesquisa em 37 fundições de metais ferrosos localizadas na Alemanha. O estudo de coorte compreendeu o período de 1950 a 1985, com um total de 17.708 trabalhadores. Paralelamente, analisou-se a mortalidade entre 1951 a 1993. Dos 3.972 óbitos observados, aproximadamente 1.090 casos de neoplasias malignas foram estimados contra 881 esperados na população alemã. Individualmente, além dos elevados casos de câncer no pulmão, destacam-se os de câncer no fígado e nas vias biliares intra-hepáticas, com mais de três vezes mais mortes do que o esperado.

Ahn, Won e Park (2010) pesquisaram a incidência de câncer por intermédio de um estudo de coorte no período de 1992 a 2000, com 17.098 trabalhadores de 208 fundições de metais ferrosos de pequeno porte localizadas na Coreia do Sul. Como resultado, constataram número elevado de câncer de pulmão entre os trabalhadores do setor produtivo, provavelmente devido à exposição à sílica no setor de acabamento, a metais classificados como carcinogênicos nas atividades de acabamento e fusão e ao HPA oriundo da pirólise das atividades de moldagem a quente. Para trabalhadores com mais de 10 anos de atividade, constataram elevado número de câncer de estômago proveniente da exposição a asbesto, fluídos metalúrgicos e névoa de óleos. Dessa forma, o estudo sugere a associação entre a exposição a agentes classificados como carcinogênicos e a morbidade nas atividades de fundição de metais ferrosos.

Westberg et al. (2012) realizaram um estudo de coorte com 3.045 trabalhadores expostos ao quartzo (sílica) em 10 fundições de metais ferrosos localizadas na Suécia. O objetivo da pesquisa foi determinar a morbidade por câncer dos referidos trabalhadores no período de 1958 a 2004. Como resultado, constatou-se um aumento do risco de ocorrência de câncer de pulmão entre os trabalhadores das fundições estudadas. Entretanto, quando se relacionou os casos de câncer de pulmão com o tempo de latência (tempo entre a primeira exposição e o diagnóstico de câncer) e a exposição cumulativa de quartzo, não se evidenciou a relação dose-resposta. A presença de diversas outras substâncias carcinogênicas para o pulmão no referido ramo industrial, como, por exemplo, HPAs, pode ser uma das razões para a mencionada falta de evidência. Deve-se ressaltar, porém, o acréscimo significativo de casos de câncer de pulmão na comparação com o esperado na população sueca, quando o tempo de latência excedeu os 20 anos.

Wang et al. (2013) realizaram pesquisa sobre a associação entre a emissão de dioxinas e furanos e a mortalidade por câncer em uma fundição de metais ferrosos que fabrica peças de reposição para indústria automobilística, localizada na China. Foram detectadas baixas concentrações dentro da fábrica devido ao emprego de técnicas de ventilação e à limpeza diária do piso com uso de água. Entretanto, essas medidas protetivas resultaram na descarga dos referidos agentes, em concentrações significativas, no chão fora do espaço fabril. Paralelamente, realizou-

se um estudo de coorte em que foram avaliados 3.529 indivíduos em um período médio de aproximadamente 24 anos de observação. Das 265 mortes registradas, 121 (45,66%) estavam relacionadas à ocorrência de algum tipo de câncer. Observou-se, conforme dados numéricos apresentados na Tabela 8, um elevado percentual de câncer de pulmão e fígado. Houve mais casos de câncer registrados entre os trabalhadores operacionais (moldadores, forneiros e vazadores) na comparação com os administrativos. Dessa forma, os autores constataram a relação dose-resposta existente entre a exposição a dioxinas e furanos e a mortalidade por câncer entre os trabalhadores da referida fundição.

**Tabela 8** Mortalidades e SMRs de todas as causas e vários tipos de câncer entre trabalhadores de uma fábrica de fundição

<b>Causa da morte</b>	<b>Nº de mortes observadas</b>	<b>Nº de mortes esperadas</b>	<b>Mortalidade (%)</b>	<b>SMR<sup>(1)</sup></b>
Mortes totais	265	275,93	3,12	0,96
Câncer	121	71,34	1,42	1,70
Câncer de pulmão	43	20,16	0,56	2,13
Câncer de fígado	32	18,73	0,38	1,71
Câncer gástrico	15	11,72	0,18	1,28
Outros casos de câncer	31	20,73	0,36	1,50

(1) Valores determinados pela divisão do número de mortes observadas pelo número de mortes esperadas.

Fonte: Wang et al. (2013).

No Brasil, segundo Algranti, Buschinelli e Capitani (2010), os tumores de causa ocupacional não são reconhecidos e não há registros epidemiológicos que possibilitem a detecção das situações de risco que permitam a efetivação de ações preventivas adequadas.

Segundo o Instituto Nacional de Câncer – INCA (2012), os casos de câncer ocupacional, no Brasil, são mal dimensionados devido à escassez de pesquisas acerca do tema. Em 2009, apenas 0,66% dos benefícios previdenciários por câncer concedidos pelo INSS teve origem ocupacional. Em países industrializados, aproximadamente 5% dos casos de câncer são relacionados ao trabalho. Paralelamente, o referido instituto afirma que:

Pode-se inferir a existência de um verdadeiro silêncio epidemiológico [...] para a situação dos cenários de exposição a agentes cancerígenos nos centros de trabalho do Brasil, cujo manuseio de substâncias tóxicas em inúmeras situações beira as condições europeias do século XVIII, a falta de informação é sistemática e as medidas de prevenção em saúde e segurança no trabalho ainda não consideram a existência desse risco. (INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER, 2012).



## Capítulo 6

### Programas de SST no Brasil

No Brasil, os programas de prevenção da saúde e da integridade física dos trabalhadores têm campo de aplicação ampliado, com abordagens em diversas atividades, como na construção civil, PCMAT – NR-18 (BRASIL, 1978d), e na mineração, PGR – NR-22 (BRASIL, 1978e). Neste trabalho, serão abordados dois programas (PCMSO e PPRA) que se aplicam em todos os segmentos industriais e cuja observância é de extrema relevância para o sucesso da gestão de riscos em fundições de metais ferrosos.

#### 6.1 Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional – PCMSO

Na legislação brasileira, a Norma Regulamentadora nº 07 (NR-7), do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), versa sobre o PCMSO (BRASIL, 1978a). Este programa visa a priorizar a medicina preventiva e o controle da saúde dos trabalhadores, com exigências legais para que as organizações atuem antes da superveniência da patologia (PEREIRA, 2005).

Antes da publicação da Portaria nº 3.214/1978, que introduziu, no ordenamento jurídico brasileiro, as normas regulamentadoras do MTE, a Medicina Ocupacional era quase que exclusivamente de natureza reacional, com foco nas doenças em geral. Com a obrigatoriedade, a partir de 1978, de que as organizações mantivessem em funcionamento, em determinadas circunstâncias, um Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho (SESMT), por intermédio da NR-4, criou-se um novo campo de atuação para os profissionais da área de saúde, com a formação de milhares de médicos com especialização ocupacional (ROCHA, 2011).

Com a referida regulamentação, houve um aumento significativo do dispêndio econômico da previdência social brasileira com os casos de adoecimentos relacionados ao trabalho. Dessa forma, por intermédio da Portaria nº 24/1994 do MTE, a NR-7 foi alterada com a conseqüente criação do PCMSO. Destaca-se que,

antes de 1978, o foco do médico nos ambientes de trabalho era as doenças em geral. Entre 1978 e 1994, a atenção voltou-se para as doenças ocupacionais e, finalmente, com o referido programa, surge o conceito de Saúde Ocupacional. Com essa abordagem, qualquer assunto relacionado à atividade laboral que influísse na saúde do trabalhador passou a ser objeto de estudo (ROCHA, 2011).

O texto da NR-7 inova, em seu subitem 7.2.3, ao conferir ao PCMSO o caráter de prevenção, rastreamento e diagnóstico precoce dos agravos à saúde relacionados ao trabalho (BRASIL, 1978a). Segundo Rocha (2011), a fonte de dados para que o referido programa tenha um caráter epidemiológico não deve estar restrita aos exames clínicos e complementares. O autor cita outras ferramentas importantes, como o controle do absenteísmo, as visitas periódicas do médico coordenador ao ambiente de trabalho, a distribuição de questionários aos trabalhadores, sem a necessidade de identificação do autor, com informações, por exemplo, acerca da satisfação no trabalho e da adequação da jornada diária de atividade.

Esse foco preventivo da norma contrapôs-se ao que Oliveira (1998) denominou como “equivoco da monetização do risco”. Segundo o autor, o pagamento de adicional de insalubridade, garantido pela Constituição Federal (art. 7º, inciso XXIII), criou distorções de tal forma que a luta de muitos trabalhadores passou a ser a busca pelo recebimento do referido benefício e não pelo direito à saúde. Ressalta ainda que a maioria dos países do mundo abandonou essa abordagem monetária ao perceber que os trabalhadores buscavam oportunidades de emprego em ambientes insalubres no intuito de receber recompensa financeira.

Segundo Miranda e Dias (2004), uma das diretrizes mais importantes do PCMSO é aquela que estabelece que o programa deva considerar as questões de saúde relacionadas não só ao indivíduo, mas também à coletividade dos trabalhadores. Busca-se, assim, obter também um diagnóstico coletivo da população trabalhadora.

O conhecimento da distribuição das patologias entre os trabalhadores possibilita intervenções preventivas de saúde mais efetivas. Dessa forma, a norma privilegia o instrumento epidemiológico de abordagem da relação entre saúde e

trabalho. O foco nos diagnósticos nas fases subclínicas da doença, subitem 7.2.3 da NR-7 (BRASIL, 1978a), ressalta o fato de que os estudos epidemiológicos também devam buscar avaliar quantitativamente os sintomas subclínicos dos trabalhadores.

Indiscutivelmente, as ações previstas no PCMSO devem estar articuladas com as exigências contidas em outras normas regulamentadoras, especialmente a NR-9, que versa sobre o Programa de Prevenção de Riscos Ambientais – PPRA (BRASIL, 1978b). Entretanto, a atuação do médico coordenador do PCMSO em sua elaboração e acompanhamento exige mais do que a simples consulta ao PPRA. A NR-9 aborda apenas questões relativas aos perigos de natureza química, física e biológica (BRASIL, 1978b), mas outros aspectos podem afetar a saúde dos trabalhadores, como pressão por produtividade e jornadas de trabalho excessivas. Além disso, a visão médica do ambiente laboral é normalmente distinta da dos engenheiros e técnicos de segurança do trabalho que normalmente elaboraram o PPRA. Dessa forma, é fundamental, para o êxito do PCMSO em seu caráter preventivo, que o médico coordenador desse programa conheça as particularidades do ambiente de trabalho e do seu processo produtivo (ROCHA, 2011).

A legislação brasileira exige a elaboração de um relatório anual do PCMSO, subitem 7.4.6.1 da NR-7. Esse documento deve discriminar, por setor, o número e a natureza dos exames médicos (avaliações clínicas e exames complementares), a estatística de resultados anormais e o planejamento para o ano seguinte (BRASIL, 1978a).

O registro dos exames alterados reveste-se de grande importância para gestão da segurança e saúde dos trabalhadores. Após a constatação da ocorrência ou do agravamento de doenças profissionais, nos termos do subitem 7.4.8 da NR-7 (BRASIL, 1978a), o médico coordenador do PCMSO deve, quando for o caso:

- a) solicitar à empresa a emissão de Comunicação de Acidente de Trabalho (CAT) perante a Previdência Social;
- b) indicar, quando necessário, o afastamento do trabalhador da exposição ao risco;
- c) encaminhar o trabalhador à Previdência Social para os devidos fins;

- d) orientar o empregador quanto à necessidade da adoção de medidas de controle.

Atualização mais recente da NR-7, por intermédio da Portaria SIT nº 223, de 06 de maio de 2011, incluiu o Anexo II do Quadro II na norma: “Diretrizes e condições mínimas para realização e interpretação de radiografias de tórax” (BRASIL, 2011). A inclusão do referido anexo objetivou estabelecer condições técnicas e critérios mínimos para a realização de radiografias de tórax no intuito de que as leituras radiológicas pudessem ser feitas de forma adequada e que o diagnóstico de pneumoconioses, como consequência, fosse mais preciso. Para esse fim, adotaram-se os critérios estabelecidos pela OIT.

A OIT adota, revisa e edita a classificação radiológica das pneumoconioses com o objetivo de codificar as alterações radiológicas de forma simples e reproduzível. A referida classificação é composta por uma coleção de radiografias-padrão, comercializadas de forma exclusiva pela OIT, e por um texto com comentários, notas técnicas e uma sugestão de folha de leitura apropriada (ALGRANTI, [201-?]). Atualmente, o guia da OIT para classificação radiológica encontra-se em sua 7ª versão (INTERNATIONAL LABOR OFFICE, 2011).

Ressalta-se ainda que, para a correta aplicação do método da OIT (INTERNATIONAL LABOR OFFICE, 2011) para leitura radiológica, é fundamental a utilização da coleção de radiografias-padrão, o conhecimento do texto de classificação e o treinamento teórico e prático do médico que interpreta as radiografias (ALGRANTI, [201-?]). O profissional que realiza o referido treinamento é considerado “qualificado”. Para que o médico possa ser considerado “certificado”, é necessário ser aprovado em avaliação de proficiência. Os referidos exames para certificação são os denominados B Reader, aplicados pelo NIOSH, e o AIR-Pneumo, desenvolvido pela Universidade de Fukui, no Japão. A relação dos médicos qualificados e certificados pode ser consultada no sítio da Fundacentro na internet (FUNDACENTRO, 2013a).

As exigências normativas brasileiras descritas na NR-7, Anexo II do Quadro II, incluem a obrigatoriedade da emissão de laudos dos exames radiológicos que utilizem os critérios da revisão mais recente da OIT: a coleção de radiografias-

padrão e um formulário específico para sua emissão (BRASIL, 1978a). Além disso, os referidos laudos devem ser assinados por médicos qualificados ou certificados na classificação radiológica da OIT (INTERNATIONAL LABOR OFFICE, 2011).

A interpretação clínica e o emprego da mencionada classificação da OIT (INTERNATIONAL LABOR OFFICE, 2011), útil para controle, vigilância e pesquisa epidemiológica, exigem radiografias de tórax de boa qualidade. Os exames são divididos em quatro níveis, no que tange à qualidade técnica: Qualidade 1 – boa; Qualidade 2 – aceitável, sem nenhum defeito técnico que possa comprometer a classificação da radiografia para pneumoconiose; Qualidade 3 – aceitável, com alguns defeitos técnicos, mas ainda adequada para fins de classificação; Qualidade 4 – inaceitável para fins de classificação (INTERNATIONAL LABOR OFFICE, 2011).

## **6.2 Programa de Prevenção de Riscos Ambientais – PPRA**

Na legislação brasileira, por intermédio da Portaria nº 25 do MTE, de 25 de dezembro de 1994, que deu nova redação à NR-9, instituiu-se o Programa de Prevenção de Riscos Ambientais – PPRA (BRASIL, 1978b). Seu objetivo, definido no subitem 9.1.1 da NR-9, consiste em preservar a saúde e a integridade dos trabalhadores por intermédio da antecipação, do reconhecimento, da avaliação e do controle dos riscos ambientais (BRASIL, 1978b). Portanto, o PPRA é essencialmente um programa de higiene ocupacional (MIRANDA; DIAS, 2004), área do conhecimento assim definida:

Higiene Ocupacional é a disciplina da antecipação, reconhecimento, avaliação e controle de riscos à saúde no ambiente de trabalho com o objetivo de proteger a saúde e o bem-estar do trabalhador e salvaguardar a comunidade em geral. (INTERNATIONAL OCCUPATIONAL HYGIENE ASSOCIATION, 2009).

Apesar de ser um programa de higiene ocupacional, não há obrigação legal de que a responsabilidade pela elaboração, pela implementação, pelo acompanhamento e pela avaliação do PPRA recaia sobre profissionais com formação nessa área. Miranda e Dias (2004), em pesquisa com 30 organizações (10 do setor industrial, 10 do comércio e 10 do setor de serviços) na cidade de Salvador, na Bahia, todas com mais de 100 empregados, constataram que, das 28 que elaboraram o PPRA, 14 programas estavam sob a responsabilidade de um

engenheiro de segurança do trabalho, 13 a cargo de técnicos de segurança do trabalho e um foi elaborado por um médico do trabalho. Nenhum desses profissionais, portanto, possuía formação específica em Higiene Ocupacional.

Nos termos do subitem 9.2.1 da NR-9, o referido programa deve ter, no mínimo, estrutura que contenha: planejamento anual (com estabelecimento de metas, prioridades e cronograma); estratégia e metodologia de ação; forma de registro, manutenção e divulgação de dados; periodicidade; e forma de avaliação do desenvolvimento de dados. O subitem 9.2.1.1 da referida norma determina que o empregador efetive, pelo menos anualmente, uma análise global do PPRA no intuito de avaliar seu desenvolvimento, realizar os ajustes necessários e estabelecer novas metas e prioridades (BRASIL, 1978b).

Dentro dessa estrutura, o desenvolvimento do PPRA, segundo o subitem 9.3.1 da NR-9, deve incluir as etapas de: antecipação e reconhecimento de riscos; estabelecimento de prioridades e metas de avaliação e controle; avaliação dos riscos e da exposição dos trabalhadores; implantação de medidas de controle e avaliação de sua eficácia; monitoramento da exposição aos riscos; registro e divulgação de dados (BRASIL, 1978b).

Ressalta-se que, nos termos das alíneas “a” e “b” do subitem 9.3.5.1 da NR-9, as medidas para eliminação, minimização ou controle dos riscos ambientais podem se fundamentar apenas em avaliações qualitativas, quando for identificado, na fase de antecipação, situações de perigo à saúde ou quando constatado, na etapa de reconhecimento, risco evidente à saúde dos trabalhadores.

Medidas de controle, conforme alíneas “c” e “d” do referido subitem, também devem ser adotadas quando, por intermédio de avaliação médica, ficar caracterizado nexos causal entre os danos à saúde dos trabalhadores e o tipo de exposição ocupacional ou quando o resultado das avaliações quantitativas excederem os limites de exposição ocupacionais previstos na NR-15 ou, na falta deles, na ACGIH (BRASIL, 1978b).

Segundo a NR-9, subitem 9.3.5.2, ao se programarem as medidas de controle em um ambiente de trabalho, deve-se respeitar uma determinada hierarquia

de ações. Dessa forma, em primeiro lugar buscam-se medidas que eliminem ou reduzam a utilização ou a formação de agentes prejudiciais à saúde (BRASIL, 1978b). Segundo Goelzer (2002), a substituição de materiais e a modificação de processos são formas eficientes de se alcançar este objetivo.

A substituição como ação preventiva apresenta diversas vantagens sobre outras alternativas de controle de riscos. Medidas clássicas, como a instalação de ventilação local exaustora, por exemplo, podem ser economicamente inviáveis, além de sua eficácia estar condicionada ao adequado funcionamento do sistema de coletores e filtros. O EPI também apresenta limitações, além do desconforto que, em muitas situações, causa ao seu usuário. Em todas essas medidas, o agente de risco continua a existir e eventuais falhas podem colocar em risco a saúde dos trabalhadores (GOELZER, 2002).

Segundo Goelzer (2002), muitas vezes é possível encontrar substâncias menos tóxicas. Por exemplo, solventes com menor pressão de vapor e, conseqüentemente, que menos evaporam. A autora afirma que tintas à base de solventes podem ser substituídas por outras à base de água.

Destaca-se também que a Portaria nº 99, de 19 de outubro de 2004, do MTE, alterou o item 7 da NR-15 e proibiu o processo de jateamento com emprego de areia seca ou úmida como abrasivo (BRASIL, 2004). Dessa forma, as organizações foram obrigadas a substituir esse agente por outros mais seguros em seu processo produtivo.

Em suma, a possibilidade de substituição de materiais, além de constituir obrigação normativa, deve ser considerada na gestão de riscos químicos das organizações, que, em certos casos, precisam romper com o costume injustificado do uso de determinadas substâncias tóxicas (GOELZER, 2002).

Por fim, a mencionada hierarquia de controle, alíneas “b” e “c” do subitem 9.3.5.2 da NR-9, ainda estabelece medidas de controle como a prevenção da liberação ou da disseminação dos agentes prejudiciais à saúde e a redução da concentração deles no ambiente de trabalho (BRASIL, 1978b).

No caso da inviabilidade técnica da adoção das medidas de controle coletivo, ou quando estiverem em planejamento, a NR-9 possibilita, nesta ordem, a adoção de medidas de caráter administrativo e de organização do trabalho ou o uso de EPI (BRASIL, 1978b).



## Capítulo 7

### Resultados e discussões

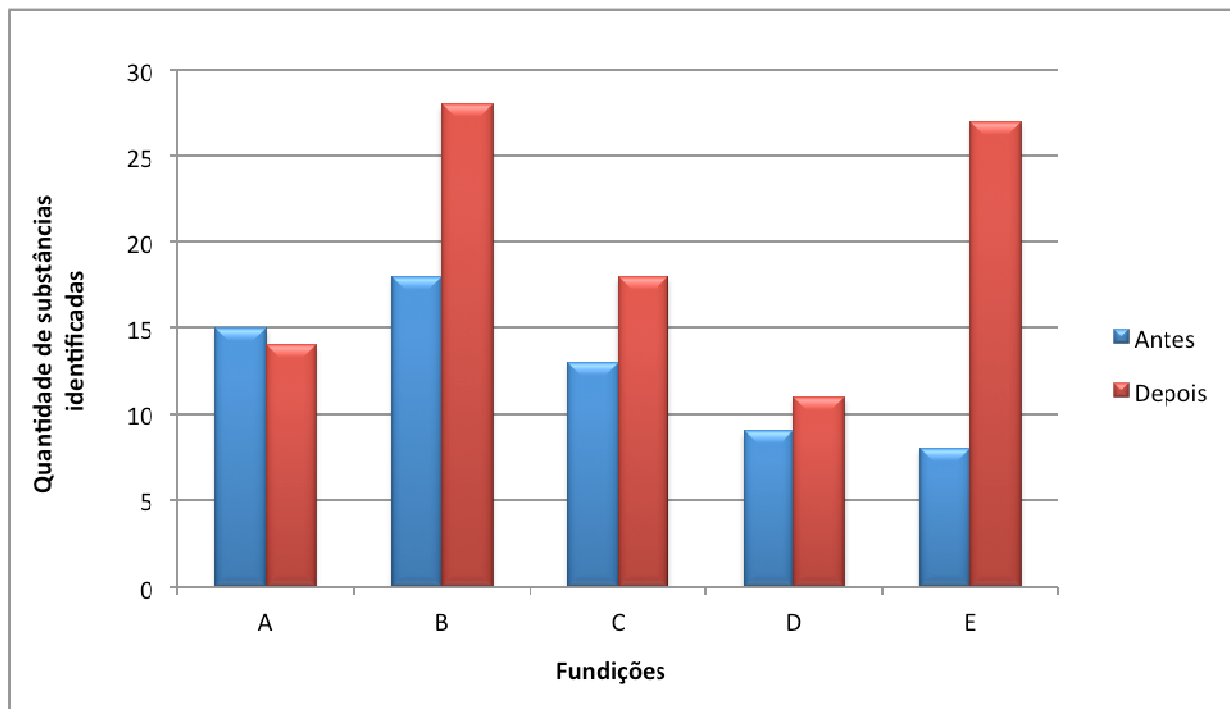
A seguir são apresentados e discutidos os resultados da análise de gestão de riscos químicos das cinco fundições pesquisadas. Registraram-se os dados das fundições antes e após a intervenção fiscal, no que tange à avaliação, ao controle dos riscos e às ações de prevenção da ocorrência e do agravamento de danos à saúde dos trabalhadores em virtude da exposição a diversas substâncias químicas. Essas informações foram comparadas na busca da identificação de eventuais melhorias na gestão de riscos após a referida ação fiscal.

#### 7.1 Processo de identificação do perigo

As principais substâncias químicas empregadas na fundição de metais ferrosos foram pesquisadas por inúmeros autores citados na revisão bibliográfica deste trabalho.

Nas fundições analisadas, constatou-se que, após a ação fiscal do trabalho, houve um aumento significativo, nas indústrias B, C e E, da quantidade de substâncias químicas identificadas em seus programas de prevenção de riscos e nos respectivos laudos ambientais, conforme Figura 25 que demonstra a evolução do reconhecimento dos agentes químicos.

A fundição E, particularmente, foi a que apresentou maior evolução nos números entre as duas fases da pesquisa, passando de 8 para 27 substâncias identificadas. Dentre os produtos reconhecidos pela referida indústria, após a intervenção fiscal, destacam-se agentes químicos relevantes do ponto de vista toxicológico, como o cádmio, o chumbo, o cromo, o manganês, o níquel, o tolueno e o xileno, o que demonstra a importância dessa mudança para o aumento das possibilidades de êxito das demais etapas do processo de gestão de riscos.



**Figura 25** Número de substâncias identificadas antes e depois da ação fiscal  
Fonte: Dados extraídos do projeto de fiscalização em fundições do MTE em 2013

Após análise do PPRA das fundições C e E, nos dois momentos da pesquisa, constatou-se que inicialmente os referidos programas de prevenção foram elaborados pelos profissionais de SST da própria organização. Posteriormente, essas indústrias contrataram empresa especializada para a elaboração do documento citado. Nos programas mais recentes, percebe-se que as informações prestadas foram resultado de pesquisa mais aprofundada, inclusive com o registro, no texto do programa, das FISPQs dos produtos que contêm os agentes químicos identificados. Certamente, essas mudanças no procedimento de reconhecimento dos riscos resultaram em aumento do número de substâncias químicas identificadas.

Paralelamente, constataram-se deficiências relevantes na identificação dos perigos químicos, principalmente nos programas ambientais das fundições A e D, como a falta de descrição detalhada do processo produtivo no PPRA, a ausência de registro de dados fundamentais nas FISPQs dos produtos – como o número CAS e a concentração de cada substância química – e a falta de um inventário de substâncias químicas.

Conforme mencionado anteriormente, Herber et al. (2001) afirmam que a identificação dos perigos deve iniciar com a elaboração de um inventário de substâncias químicas e a descrição do processo produtivo.

Os profissionais de SST da fundição E elaboraram um inventário de substâncias químicas informatizado que possibilita a identificação dos produtos químicos empregados em cada setor produtivo. Entretanto, essa ferramenta se limita a fornecer as fichas de segurança do produto. Como ressaltado anteriormente, foram constadas diversas inadequações nesses documentos. Dessa forma, o referido inventário não deve estar restrito a um arquivo de fichas de segurança. Ignacio e Bullock (2006) propõem um conteúdo mínimo de um inventário, conforme descrito no item 4.2.1.

Na análise dos programas de prevenção das indústrias, constatou-se que somente a fundição C, no PPRA elaborado após a intervenção fiscal do trabalho, detalhou adequadamente o processo produtivo, a composição da matéria-prima e as demais substâncias químicas utilizadas. Por exemplo, na etapa de confecção de machos, descreveu-se o processo de preparação da areia, com a percentagem de areia nova, o uso de resinas e catalisadores, as técnicas possíveis de cura e de rebarbação do macho e a forma de aplicação da tinta refratária. Em seguida, foram identificados os agentes químicos de cada uma dessas etapas, com a menção do nome comercial do produto que consta nas fichas de segurança.

Nas demais fundições, optou-se pela interpretação restritiva do subitem 9.3.3, alínea “e”, da NR-9, que determina, na fase de reconhecimento dos riscos, que se registrem a caracterização das atividades e o tipo de exposição. Essas indústrias, portanto, apenas relataram superficialmente como cada trabalhador, dentro das atribuições de sua função, desenvolve suas tarefas. Por exemplo, na etapa de acabamento dos machos, o PPRA da organização A descreve que o preparador de macharia rebarba, pinta e cola os machos, sem detalhar o processo dentro da sequência produtiva lógica e sem identificar os produtos químicos empregados em cada fase.

A ausência do detalhamento do processo produtivo e das substâncias empregadas acarretou na falta de identificação de diversos agentes químicos perigosos por parte das indústrias. A fundição A, por exemplo, deixou de identificar o

MDI, apesar desse agente ser bastante tóxico e fazer parte da composição de um dos produtos da relação de fichas de segurança apresentadas à fiscalização do trabalho (LILJELIND et al., 2010).

A fundição D, em outro exemplo, somente identificou o uso de sílica livre cristalina após a intervenção fiscal, inadequação relevante se for considerado o largo emprego, nas etapas de confecção de moldes e machos, da areia contendo sílica. Além disso, apesar do aço inoxidável ser uma das matérias-primas utilizadas no processo produtivo, o níquel, um dos componentes dessa liga metálica, não foi reconhecido no PPRA da referida indústria. Essas omissões são graves, pois esses dois agentes químicos são carcinogênicos comprovados para seres humanos segundo a IARC (2013).

Após a ação fiscal, todas as indústrias identificaram o chumbo, a sílica, o ferro, o níquel, o fenol e o manganês, conforme se pode observar na Tabela 9, que apresenta as principais substâncias encontradas nas fundições pesquisadas.

**Tabela 9** Comparativo entre substâncias identificadas antes e depois da ação fiscal

Substâncias	A		B		C		D		E	
	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
Arsênio	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Cádmio	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1
Chumbo	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1
Cobre	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
Cromo	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1
Fenol	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
Ferro	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Formaldeído	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1
Magnésio	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1
Manganês	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
MDI	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1
Níquel	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1
Sílica	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
Trietilamina	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1
Tolueno	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1
Xileno	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1

(0) Substância não identificada

(1) Substância identificada

Fonte: Dados extraídos do projeto de fiscalização em fundições do MTE em 2013.

Algumas FISPQs dos produtos empregados no processo produtivo das fundições em análise contêm impropriedades que dificultam a identificação das referidas substâncias. Por exemplo, uma ficha de segurança da fundição D refere-se a um determinado catalisador. Uma das substâncias que compõe o produto foi identificada como “hidrocarbonatos aromáticos”. Observa-se, portanto, que o mencionado registro é genérico, pois essa denominação refere-se a um conjunto de substâncias, como tolueno, cumeno e xileno. Além disso, no citado exemplo, não houve menção ao número CAS e à composição da substância.

Paralelamente, constatou-se que, após a ação fiscal do trabalho, como destacado na Tabela 10, houve algumas mudanças na quantidade de subprodutos identificados pelas referidas fundições, exceção feita à indústria D, que continuou a não reconhecer nenhuma dessas substâncias.

**Tabela 10** Quantidade de subprodutos identificados antes e depois da ação fiscal

Subprodutos	A		B		C		D		E	
	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
Amônia	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
Benzeno	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Cromo VI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dióxido de carbono	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Dióxido de enxofre	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1
Dioxinas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HPA	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1
Monóxido de carbono	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1
<b>Total</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4</b>

Fonte: Dados extraídos do projeto de fiscalização em fundições do MTE em 2013

Com relação aos HPAs, nenhuma das fundições pesquisadas reconhecia o risco de exposição a este subproduto. Após a intervenção fiscal, exceção feita à organização D, todas passaram a identificá-los.

Entretanto, no que tange às dioxinas e aos furanos, nenhum dos programas de prevenção de riscos das fundições em análise mencionou a possibilidade da presença dessas substâncias em seus ambientes de trabalho. Convém ressaltar

que, no estudo de Wang et al. (2013), constatou-se a presença de dioxinas e furanos em uma fundição que utiliza o mesmo tipo de forno (indução elétrica) empregado pelas fundições pesquisadas.

Nenhuma indústria pesquisada reconheceu a possibilidade da formação de cromo hexavalente, nos termos do subitem 4.5 deste estudo, como resultado de reações químicas secundárias.

Portanto, embora as fundições B, C e E tenham apresentado evolução no reconhecimento do risco de exposição a subprodutos gerados no processo de fundição de metais ferrosos, os profissionais de SST das indústrias e das empresas contratadas precisam investigar a literatura técnica para identificar de forma abrangente e descrever os possíveis danos à saúde relacionados ao risco de exposição a esses agentes químicos, conforme disposto no subitem 9.3.3, alínea g, da NR-9 (BRASIL, 1978b), no intuito de evitar a omissão de substâncias tóxicas relevantes como as dioxinas e o cromo hexavalente.

## **7.2 Estratégia de amostragem**

Analisou-se o eventual emprego de estratégias de amostragem para avaliar quantitativamente os agentes químicos em cada fundição. Primeiramente, verificou-se a metodologia empregada na determinação dos GESs e na seleção dos trabalhadores amostrados. Posteriormente, foi observado se o tempo de coleta em relação à jornada de trabalho era representativo (mínimo de 70%). Por fim, foi avaliado se o número de resultados (dias de coleta) era suficiente para possibilitar o tratamento estatístico dos dados, além de se destacar a importância da análise particular das misturas de agentes químicos.

### **7.2.1 Definição dos GESs e seleção dos trabalhadores amostrados**

Verificaram-se os critérios eventualmente empregados pelas fundições avaliadas na determinação dos GESs e na seleção dos trabalhadores amostrados, antes e depois da intervenção fiscal, conforme descrito no subitem 3.2.3 deste trabalho. A adequação desse processo de escolha é fundamental, dentro de uma abordagem estatística, para que se possa prever o nível de exposição dos

trabalhadores, uma vez que, segundo Ignacio e Bullock (2006), é impraticável a avaliação de cada um deles.

A fundição A não dividiu seus trabalhadores em GESs em nenhum dos dois momentos da pesquisa. O reconhecimento dos riscos foi realizado dentro das funções de cada setor produtivo. Após a intervenção fiscal, a referida organização simplesmente nomeou setores como GESs sem proceder a quaisquer outras alterações em relação ao estágio anterior. Dessa forma, passou a dividir seus trabalhadores em 172 grupos, sem garantir minimamente a similaridade da exposição de seus membros aos agentes presentes no ambiente de trabalho. Portanto, a escolha dos trabalhadores amostrados não obedeceu qualquer tipo de metodologia estatística que garantisse representatividade dos selecionados em relação aos demais trabalhadores.

A fundição B, antes da ação fiscal, selecionou 28 GESs, com aumento de apenas um grupo no segundo momento da pesquisa. Não houve explícita descrição da metodologia empregada na definição desses grupos, embora o registro dos grupos e o detalhamento das respectivas tarefas de seus componentes fossem realizados de forma sistemática em seção específica do PPRA. O critério de seleção dos trabalhadores amostrados também não foi esclarecido. Por exemplo, em um dos GESs, com 32 trabalhadores, dois foram avaliados no que tange à exposição a HPAs, dois à sílica e outros dois a dióxido de enxofre. Verifica-se, portanto, que não foi usado o critério da escolha aleatória da Tabela 3, que, para a quantidade de membros do mencionado grupo, requer 16 trabalhadores amostrados para cada agente químico citado. Também não há registro, no PPRA da fundição B, que evidencie que os trabalhadores amostrados eram os mais expostos às substâncias em questão.

A fundição C, antes da ação fiscal, não definiu GESs. Nessa fase, o reconhecimento dos riscos da organização foi realizado dentro dos setores produtivos e das funções dos trabalhadores, semelhante ao que ocorreu na fundição A. Na fase seguinte da pesquisa, determinaram-se 76 GESs.

A fundição D, inicialmente, não determinou GESs. Após a intervenção fiscal, o profissional de SST, empregado da própria indústria, dividiu seus trabalhadores em

52 grupos de exposição similar. Entretanto, quando consultado o laudo ambiental correspondente, constatou-se que a empresa contratada para realizar as coletas de agentes químicos e a análise laboratorial registrou apenas 32 GESs, com nomenclaturas e quantidades de trabalhadores completamente diferentes dos grupos identificados no PPRA dessa indústria.

Dessa forma, no que tange à fundição D, uma vez que a determinação de GESs é metodologia empregada para subsequente avaliação da exposição dos trabalhadores, a verificação dos critérios para seleção do trabalhador amostrado dentro de cada grupo, neste trabalho, foi realizada com fundamento nas informações extraídas do laudo ambiental. Nesse documento, constatou-se que 6 dos 32 GESs não foram objeto de amostragens, apesar da notória presença de agentes tóxicos no ambiente de alguns deles, como na rebarbação de peças metálicas. Além disso, a exceção de 2 grupos que tiveram 2 trabalhadores amostrados, os demais GESs só tiveram um avaliado cada.

Conclui-se, portanto, no que tange à fundição D, que não houve qualquer critério metodológico na determinação dos GESs e na seleção dos trabalhadores amostrados. Além disso, a falta de correlação entre os GESs do PPRA e do laudo ambiental é falha injustificável, uma vez que a empresa contratada para elaborar a coleta deveria se basear no reconhecimento de risco e nos grupos de exposição definidos no PPRA.

Com relação à fundição E, segundo dados extraídos do documento base dos PPRA, o número de GESs evoluiu de 37 para 76, nos dois momentos da pesquisa. Entretanto, os laudos ambientais correspondentes aos períodos anterior e posterior à intervenção fiscal apresentam, respectivamente, 36 e 44 grupos similares, com nomenclaturas diferentes das utilizadas nos referidos programas.

Portanto, conclui-se que nenhuma das fundições em análise informou o critério de determinação dos GESs e, dessa forma, essas indústrias não seguiram os critérios estabelecidos para avaliações ambientais com o devido rigor estatístico.

Conforme exposto na Tabela 11, constatou-se que somente a fundição E, antes da ação fiscal, apresentou mais da metade dos GESs com pelo menos 8



integrantes. Entretanto, no segundo momento da pesquisa, essa indústria não registrou, em seu PPRA, o número de trabalhadores expostos dentro de cada grupo similar, em desacordo ao disposto no subitem 9.3.3, alínea “d”, da NR-9 (BRASIL, 1978b).

**Tabela 11** Número total de GESs e grupos com mais de 7 trabalhadores em cada fundição antes e depois da ação fiscal

Fundição	N° de GESs		GESs com mais de 7 trabalhadores		% <sup>(1)</sup>	
	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
A	-	172	-	11	-	6,40
B	28	29	12	13	42,86	44,83
C	-	60	-	14	-	23,33
D	-	32	-	7	-	21,88
E	37	76	27	-	72,97	-

(1) Relação percentual entre o número de GESs com mais de 7 trabalhadores e o total de GESs  
 Fonte: Dados extraídos do projeto de fiscalização em fundições do MTE em 2013

Dessa forma, na maioria dos casos, todos os trabalhadores integrantes dos GESs deveriam ser amostrados devido ao pequeno número de componentes desses grupos.

Nas Tabelas 12 e 13, apresentam-se dados comparativos entre a quantidade de trabalhadores que integram os GESs e o número de avaliados dentro desses grupos após a ação fiscal. Essas informações são restritas às fundições B e C devido à insuficiência de dados das outras fundições para fins comparativos. Ressalta-se também que se optou por analisar somente a avaliação de sílica livre cristalina pelo fato desse agente estar presente na maioria dos GESs.

Constata-se, após análise dos dados das Tabelas 12 e 13, que a quantidade de avaliados em cada GES não ultrapassou três trabalhadores. Algumas situações merecem destaque. O grupo H da fundição B contava com 110 expostos e somente um foi avaliado. No que tange à indústria C, ressalta-se o grupo C com 40 trabalhadores e somente um avaliado. Não se pode afirmar que os profissionais de SST dessas fundições optaram por avaliar o trabalhador mais exposto. Primeiramente, essa metodologia de avaliação não foi descrita nos programas de prevenção e nos laudos ambientais. Segundo, em algumas situações em que foram

feitas coletas em mais de um dia, os trabalhadores avaliados não foram os mesmos. Além disso, em vários GESs, como demonstrado nas referidas tabelas, mais de um trabalhador foi avaliado.

**Tabela 12** Comparativo entre o número de trabalhadores dos GESs e de avaliados referente à sílica: fundição B

GES	Nº de trabalhadores no GES	Trabalhadores avaliados no GES
A	37	1
B	33	1
C	61	2
D	1	1
E	5	3
F	61	3
G	4	1
H	110	1
I	32	2

Fonte: Dados extraídos do projeto de fiscalização em fundições do MTE em 2013

Dessa forma, conclui-se que, devido ao número de trabalhadores avaliados na maioria dos GESs das fundições B e C, a exposição deles não representa a dos demais componentes do grupo.

Adicionalmente, convém ressaltar que a seleção do trabalhador amostrado, segundo Ignacio e Bullock (2006), deve ser definida de forma aleatória dentro de todas as possibilidades de exposição.

Entretanto, verificou-se que, embora todas as fundições analisadas desenvolvam suas atividades em três turnos de trabalho, o que inclui jornadas laborais desenvolvidas nas madrugadas, nenhuma delas selecionou trabalhadores em todos esses turnos.

**Tabela 13** Comparativo entre o número de trabalhadores dos GESs e de avaliados referente à sílica: fundição C

GES	Nº de trabalhadores no GES	Trabalhadores avaliados no GES	GES	Nº de trabalhadores no GES	Trabalhadores avaliados no GES
A	2	2	X	14	1
B	8	2	W	5	1
C	40	1	Y	8	1
D	4	1	Z	3	1
E	10	3	A1	3	1
F	3	2	B1	7	1
G	2	1	C1	2	1
H	23	2	D1	4	2
I	23	2	E1	2	1
J	3	2	F1	34	1
K	3	3	G1	11	1
L	2	2	H1	2	1
M	14	2	I1	5	1
N	4	2	J1	12	1
O	13	3	K1	6	1
P	4	1	L1	16	1
Q	2	1	M1	1	1
R	2	2	N1	6	1
S	3	1	O1	4	1
T	4	1	P1	2	2
U	16	1	Q1	7	2
V	6	1			

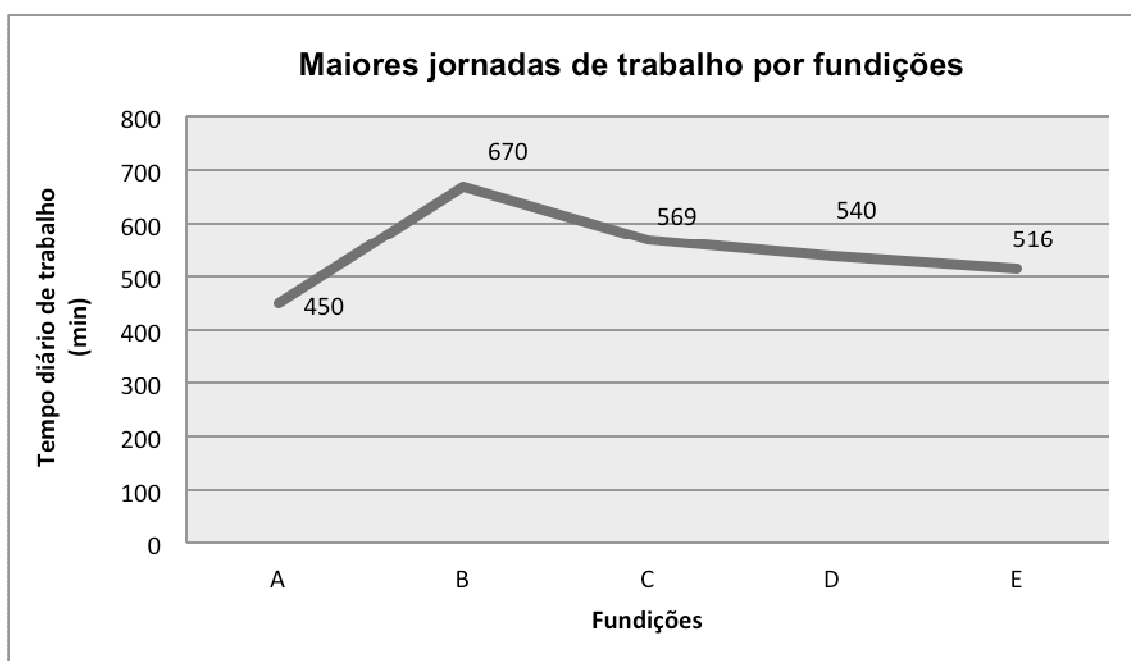
Fonte: Dados extraídos do projeto de fiscalização em fundições do MTE em 2013

Portanto, fica evidente que a seleção dos trabalhadores amostrados não se deu de forma aleatória, uma vez que não foram consideradas todas as possibilidades de exposição, como o trabalho realizado durante as madrugadas.

### 7.2.2 Tempo de coleta em relação à jornada de trabalho

Segundo Leidel, Busch e Lynch (1977), o tempo de coleta de material para análise nos ambientes de trabalho deverá corresponder a, pelo menos, 70% da jornada de trabalho para que se tenha representação estatística das amostras coletadas.

Desse modo, preliminarmente, foram analisadas as jornadas de trabalho de cada fundição pesquisada e verificou-se o pior cenário no que tange ao tempo de exposição. Assim, selecionou-se o maior período de atividade a que os trabalhadores das áreas produtivas estão submetidos. Nessas condições, a maior jornada de cada fundição está apresentada na Figura 26, com destaque para a fundição B, em que representativa parte de seus empregados está submetida à escala de trabalho específica, com 11 horas e 10 minutos de trabalho diário, que corresponde a 670 minutos de atividade.



**Figura 26** Maiores jornadas de trabalho dos setores produtivos  
 Fonte: Dados extraídos do projeto de fiscalização em fundições do MTE em 2013

Antes da intervenção fiscal, verificou-se que, com exceção da fundição E, nenhuma das outras coletou material para análise da exposição dos trabalhadores a agentes químicos durante mais de 70% da jornada diária de trabalho.

Nesta etapa da pesquisa, conforme destacado na Tabela 14, a maior parte das coletas da fundição A foi realizada com menos de 30% do tempo da jornada de trabalho. Na fundição B, o maior número de coletas foi registrado entre 30% e 50% da jornada de trabalho. Nenhuma coleta da fundição C levou mais da metade do tempo de atividade diária dos expostos, enquanto na indústria D somente duas coletas foram realizadas em tempo que ultrapassou 50% da jornada. A fundição E

apresentou os melhores resultados, com mais da metade das coletas realizadas acima de 70% do período laboral correspondente.

**Tabela 14** Número de coletas (TWA) dentro das faixas de tempo de coleta em relação à jornada de trabalho antes da ação fiscal

<b>Fundição</b>	<b>0-10 (%)</b>	<b>11-30 (%)</b>	<b>31-50 (%)</b>	<b>51-70 (%)</b>	<b>&gt;70 (%)</b>	<b>Total de coletas</b>
A	4	19	6	6	0	35
B	10	0	52	12	0	74
C	4	63	14	0	0	81
D	0	13	26	2	0	41
E	0	0	4	52	110	166

Fonte: Dados extraídos do projeto de fiscalização em fundições do MTE em 2013

Após a intervenção fiscal, constatou-se uma significativa melhora no tempo de coleta em relação à jornada de trabalho nas fundições C e E, conforme destacado na Tabela 15.

**Tabela 15** Número de coletas (TWA) dentro das faixas de tempo de coleta em relação à jornada de trabalho depois da ação fiscal

<b>Fundição</b>	<b>0-10 (%)</b>	<b>11-30 (%)</b>	<b>31-50 (%)</b>	<b>51-70 (%)</b>	<b>&gt;70 (%)</b>	<b>Total de coletas</b>
A	-	-	-	-	-	60
B	30	40	28	5	2	105
C	0	0	0	235	8	241
D	0	5	3	10	14	32
E	0	0	2	26	140	168

Fonte: Dados extraídos do projeto de fiscalização em fundições do MTE em 2013

Na segunda fase da pesquisa, quase a totalidade das medições da indústria C ficou na faixa de 51% a 70% do tempo de trabalho. Na análise dos resultados dessa indústria, constatou-se que, se fosse considerada a jornada de 8 horas diárias, ou seja, 480 minutos, praticamente todas as coletas atenderiam ao tempo mínimo adequado. Entretanto, a análise dos registros de frequência ao trabalho dos empregados revela o real período de exposição nesse caso: 569 minutos. Com esse tempo de trabalho diário, somente 8 coletas da referida fundição foram realizadas em mais de 70% da jornada. Ressalta-se, portanto, a importância dos profissionais

em SST responsáveis pela definição da estratégia de amostragem buscarem conhecer o real tempo de exposição dos trabalhadores.

Como ocorreu antes da ação fiscal, a fundição E realizou, no segundo momento da pesquisa, a maioria das coletas dentro da faixa de tempo adequada de mais de 70% da jornada de trabalho.

No que tange às demais indústrias, no segundo momento da pesquisa, a fundição A não informou à fiscalização do trabalho o tempo gasto nas suas coletas. A fundição B manteve a maior parte das suas medições abaixo de 50% da jornada de trabalho. Paralelamente, observou-se uma moderada evolução na representatividade das coletas da fundição D em relação ao período anterior à ação fiscal, com 14 avaliações realizadas em mais de 70% de atividade laboral.

Dessa forma, exceto em relação à fundição E, mais de 30% do tempo de exposição dos trabalhadores aos agentes químicos perigosos não foram avaliados. Segundo Leidel, Busch e Lynch (1977), não há como ter confiabilidade estatística de que a concentração das substâncias tóxicas no período monitorado terá perfil semelhante ao tempo não avaliado.

### 7.2.3 Número de resultados (dias de coleta)

Segundo Ignacio e Bullock (2006), para que se tenha razoável aproximação da distribuição das concentrações dos agentes químicos, devem-se obter de 6 a 10 resultados (dias de coleta). As avaliações precisam ser aleatórias, especialmente quanto à escolha do turno de trabalho, devendo-se confrontar as médias das concentrações com os intervalos de confiança. Há necessidade da realização de avaliações apropriadas e separadas para substâncias que possuam limites de exposição de curta duração ou valor-teto.

Com fundamento nos mencionados critérios, foram analisados os laudos ambientais das fundições avaliadas, elaborados antes e depois da ação fiscal. Observou-se que nenhuma das organizações realizou avaliações quantitativas com mais de 4 resultados (dias de coleta) por substância dentro de cada GES. Conforme disposto nas Tabelas 16 e 17, que expressam a quantidade de avaliações por

número de amostragens distribuídas pelas fundições nos dois momentos da pesquisa, a maioria das medições foi realizada em apenas um dia. O pior cenário encontrado foi referente à indústria D, que, mesmo depois da ação fiscal, realizou praticamente todas as avaliações com apenas um dia de coleta.

**Tabela 16** Quantidade de avaliações por número de amostragens (dias de coleta) antes da ação fiscal

<b>Fiscalização</b>	<b>N = 1</b>	<b>N = 2</b>	<b>N = 3</b>	<b>N = 4</b>
A	7	3	0	0
B	36	9	0	0
C	74	7	2	0
D	27	1	0	0
E	15	57	6	0

N = número de amostragens (dias de coleta)

Fonte: Dados extraídos do projeto de fiscalização em fundições do MTE em 2013

**Tabela 17** Quantidade de avaliações por número de amostragens (dias de coleta) depois da ação fiscal

<b>Fundição</b>	<b>N = 1</b>	<b>N = 2</b>	<b>N = 3</b>	<b>N = 4</b>
A	5	6	5	2
B	45	13	3	0
C	48	31	23	0
D	33	0	0	0
E	51	26	7	1

N = número de amostragens (dias de coleta)

Fonte: Dados extraídos do projeto de fiscalização em fundições do MTE em 2013

Portanto, conclui-se que a maioria das coletas dentro de cada GES foi realizada em apenas um dia. Esse procedimento não está alinhado com as metodologias que estabelecem parâmetros estatísticos para que os resultados sejam confiáveis.

Com a quantidade de resultados disponíveis nas avaliações das cinco fundições, não há como se ter confiabilidade nas concentrações encontradas pela

impossibilidade de se determinar os intervalos de confiança. Dessa forma, não há como submeter esses resultados a tratamento estatístico.

#### 7.2.4 Exposições de curta duração e valor-teto

Como destacado no subitem 3.3.1, além dos limites de exposição pela média ponderada pelo tempo (TLV-TWA), a ACGIH (2012) estabeleceu limites de curta duração (TLV-STEL) e valor-teto (TLV-C), além de procedimentos para substâncias que não possuam limites TLV-STEL (digressões acima dos limites de exposição). As principais substâncias químicas que possuem esses limites estão destacadas na Tabela 18.

**Tabela 18** Substâncias químicas com limites TLV-STEL ou valor-teto estabelecidos

Substâncias	TLV-STEL (ppm)	Valor-teto (ppm)
Álcool etílico	1.000	
Álcool furfurílico	15	
Amônia	35	
Benzeno	2,5	
Dióxido de carbono	30.000	
Formaldeído		0,3
Metanol	250	
Trietilamina	3	
Tricloroetileno	25	
Xileno	150	

Fonte: American Conference of Governmental Industrial Hygienists (2012)

Conforme destacado na Tabela 19, a fundição C, após a intervenção fiscal, realizou avaliações de curta duração e de valor-teto e detectou 4 coletas com resultados acima dos limites da ACGIH (2012), três referentes a concentrações de formaldeído e uma referente à concentração de trietilamina.

A fundição E realizou avaliação de valor-teto para verificar a concentração de formaldeído nos dois momentos da pesquisa. Embora tenha reduzido o número de coletas de 11, antes da intervenção fiscal, para 9 após a referida ação, houve a constatação de 4 resultados acima do limite da ACGIH (2012) nesse segundo momento, conforme dados apresentados na Tabela 19.



**Tabela 19** Quantidade e resultados de avaliações de curta duração ou valor-teto antes e depois da ação fiscal

Fundição	Agente	Abaixo LEO		Acima LEO		Total	
		Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
C	Formaldeído	0	26	0	3	0	29
C	Trietilamina	0	5	0	1	0	6
E	Formaldeído	11	5	0	4	11	9

Fonte: Dados extraídos do projeto de fiscalização em fundições do MTE em 2013

A fundição A, entretanto, não realizou avaliações de valor-teto para formaldeído, a indústria B não apresentou resultados de medições de curta duração para trietilamina, amônia e metanol e o mesmo ocorreu em relação à fundição C no que tange ao xileno e à amônia. A indústria D não avaliou o xileno para concentrações de curta duração e a fundição E, igualmente, não mensurou a trietilamina.

Apesar das fundições C e E, como destacado anteriormente, realizarem algumas avaliações de curta duração e de valor-teto, nos seus programas de prevenção e respectivos laudos ambientais não foi descrita a estratégia de amostragem, especialmente no que diz respeito aos critérios de determinação dos locais e do momento da coleta dos agentes perigosos.

Os resultados das avaliações acima dos limites da ACGIH (2012) encontrados após a intervenção fiscal nas fundições C e E, especialmente quanto ao formaldeído, que é um agente carcinogênico confirmado para seres humanos (INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER, 2013), reforçam a importância de que todas as indústrias pesquisadas desenvolvam ou aprimorem suas estratégias de amostragens e suas medidas de controle para os agentes químicos com conhecida toxicidade aguda.

#### 7.2.5 Exposição a misturas de agentes químicos

A fundição C, após a intervenção fiscal, e a indústria E, nos dois momentos da pesquisa, foram as únicas que apresentaram índices para efeitos aditivos da combinação de substâncias químicas presentes no ambiente de trabalho.

Entretanto, algumas inconsistências foram encontradas na determinação dos referidos índices. Por exemplo, no laudo ambiental da fundição C, no setor de macharia, presentes os agentes químicos benzeno, xileno e tolueno, foram considerados passíveis de provocar efeitos aditivos somente os dois primeiros. Entretanto, no setor de moldagem da mesma indústria, onde se detectou a presença de benzeno e tolueno, essas duas substâncias foram combinadas para efeito de avaliação. Dessa forma, os efeitos aditivos para o benzeno e o tolueno foram reconhecidos para um GES e não para o outro.

Importante ressaltar que, segundo a ATSDR (2011b), a ocorrência de efeito aditivo de benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno é plausível. Dessa forma, as fundições deveriam apresentar os cálculos matemáticos dos índices da combinação dos agentes químicos e demonstrar os critérios técnicos considerados para seleção das substâncias adicionadas, a fim de evitar o registro de inconsistências como as mencionadas no parágrafo anterior e dar credibilidade aos valores apresentados.

Dessa forma, há a possibilidade de que existam casos de exposições de trabalhadores a agentes químicos em concentrações acima dos limites de exposição, sem identificação e registro, uma vez que as fundições A, B e D não consideraram os efeitos combinados das substâncias químicas e as indústrias C e E apresentaram as referidas inconsistências e omissões.

#### 7.2.6 Correlação entre substâncias identificadas e avaliadas

Conforme descrito anteriormente, após a ação fiscal, constatou-se um aumento do número de produtos e subprodutos identificados nas fundições C e E.

Entretanto, em que pese o detalhamento criterioso da etapa de reconhecimento dos riscos no PPRA dessas indústrias, os laudos ambientais apresentados não registraram resultado de avaliação de diversas substâncias químicas identificadas.

A fundição C não registrou o resultado da avaliação dos seguintes agentes químicos identificados: chumbo, cromo, magnésio, MDI, níquel, dióxido de enxofre e HPA.

A fundição E não registrou o resultado da avaliação de cádmio, níquel, tolueno, benzeno e HPA.

Conclui-se, portanto, uma significativa ineficiência na correlação das etapas de identificação dos perigos e na avaliação quantitativa de riscos nos programas de SST das fundições C e E.

#### 7.2.7 Considerações finais sobre estratégia de amostragem

Diante das constatações anteriores, conclui-se que as fundições pesquisadas não realizaram suas avaliações quantitativas com fundamento em estratégias de amostragem que conferissem confiabilidade aos resultados apresentados.

Verificou-se que, na maioria dos casos, não são definidos critérios de determinação dos GESs, o número de trabalhadores selecionados para avaliação não é representativo, monitora-se apenas uma jornada de trabalho, a escolha do período de coleta não é aleatória, não houve avaliações nos turnos da madrugada, as atividades críticas não são monitoradas (somente as fundições C e E realizaram avaliação de curta duração e, ainda assim, sem uma estratégia definida), os limites de exposição ocupacional não são ajustados adequadamente e os índices da ACGIH (2012) para misturas de substâncias químicas não são aplicados de forma correta.

Paralelamente, em seu relatório de avaliação do risco de exposição, a empresa contratada pela fundição E para realizar o reconhecimento dos riscos, a coleta de amostras das substâncias químicas perigosas e a respectiva análise laboratorial, afirma que o seu trabalho não pode ser tomado como uma estimativa das concentrações medidas de cada função da indústria. A referida empresa ressalta que o resultado das amostragens realizadas poderá apresentar desvios consideráveis devido à limitada frequência de amostragens e que não há como submetê-los a tratamento estatístico. Por fim, destaca que a fundição contratante foi quem determinou o número e a frequência das coletas.

Este caso ilustra que a causa das referidas inadequações da estratégia de amostragem, além do desconhecimento técnico, também tem um importante componente decisório de gestão.

### **7.3 Valoração dos riscos**

Estimado o risco, ou seja, determinada a sua magnitude, essas conclusões devem ser comparadas com critérios estabelecidos de aceitabilidade do risco (ROXO, 2004).

O conhecimento do processo produtivo, da toxicidade das substâncias, das características dos trabalhadores, da frequência de execução da atividade e dos picos de concentração, as ferramentas estatísticas, a confiabilidade dos LEOs, a monitoração biológica, a disponibilidade e a adequação das medidas de controle são opções para o julgamento da aceitabilidade da exposição a determinados agentes químicos (IGNACIO; BULLOCK, 2006).

#### **7.3.1 O emprego de limites de exposição ocupacional como critério de julgamento da aceitabilidade do risco**

As fundições avaliadas utilizaram apenas ferramentas quantitativas como critério comparativo para valoração do risco. Conforme descrito neste trabalho, os limites de exposição ocupacional devem ser empregados com cautela quando o profissional de SST julga pela aceitabilidade do risco. Não se pode ignorar o estágio de desatualização dos limites de tolerância registrados na NR-15 (BRASIL, 1978c).

Há que se ressaltar também que as avaliações quantitativas dos agentes químicos realizadas pelas fundições em análise não se fundamentaram em estratégias de amostragens confiáveis, conforme já demonstrado. Dessa forma, as concentrações dos referidos agentes no ambiente de trabalho e a respectiva comparação dessas com os limites de exposição não podem ser o principal critério de valoração do risco.

Os resultados das avaliações quantitativas das fundições analisadas foram classificados de acordo com a relação percentual entre as concentrações encontradas e os limites da ACGIH (2012), dentro das faixas estabelecidas, acrescidas da informação dos agentes não detectados. Em relação à sílica livre

crystalina, foi usado o limite de tolerância da NR-15 como parâmetro (BRASIL, 1978c).

Das amostragens realizadas antes da ação fiscal, conforme disposto na Tabela 20, constatou-se que os valores das concentrações obtidas nas avaliações da fundição A não ultrapassaram o nível de ação de cada agente químico e que 76,5% das coletas sequer detectaram a presença dessas substâncias.

**Tabela 20** Relação percentual entre concentração e LEO antes da ação fiscal

Fundição	Relação concentração/LEO (%)											
	Coletas		ND		0-10		11-50		51-100		>100	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
A	34	100	26	76,5	4	11,8	4	11,8	0	0	0	0
B	64	100	41	64,1	9	14,1	10	15,6	4	6,3	0	0
C	79	100	30	38,0	12	15,2	4	5,1	5	6,3	28	35,4
D	41	100	0	0	17	41,5	19	46,3	2	4,9	3	7,3
E	178	100	38	21,3	43	24,2	59	33,1	16	9,0	22	12,4

N = número de coletas

ND = não detectado

Fonte: Dados extraídos do projeto de fiscalização em fundições do MTE em 2013

Com relação às fundições B e D, verificou-se que, em mais de 90% das coletas, os valores das concentrações obtidos não ultrapassaram o nível de ação dos agentes químicos avaliados.

As referidas inadequações na estratégia de amostragem, como tempo e número de coletas insuficientes e falta de representatividade do trabalhador amostrado dentro dos GESs, podem ter interferido nos mencionados resultados das fundições A, B e D.

Paralelamente, observou-se que as fundições C e E encontraram significativo número de coletas com resultados que ultrapassaram os limites da ACGIH (2012) e da NR-15 (BRASIL, 1978c). No caso da exposição à sílica livre cristalina, detectaram-se, respectivamente, 35,4% e 12,4% de valores acima dos referidos limites. Destaca-se, ainda, o fato de que 41,8% das coletas da fundição C e 21,3% das medições da fundição E tiveram resultados acima do nível de ação.

Após a intervenção fiscal, com exceção da fundição D, todas as outras aumentaram o número de coletas, com destaque para a indústria C, que saltou de 79 para 281 medições, conforme exposto nas Tabelas 20 e 21.

**Tabela 21** Relação percentual entre concentração e LEO depois da ação fiscal

Fundição	Relação concentração/LEO (%)											
	Coletas		ND		0-10		11-50		51-100		>100	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
A	60	100	37	61,7	19	31,7	4	6,7	0	0	0	0
B	107	100	54	50,5	24	22,4	25	23,4	1	0,9	3	2,8
C	281	100	109	38,8	34	12,1	85	30,2	21	7,5	32	11,4
D	35	100	0	0	16	45,7	16	45,7	2	5,7	1	2,9
E	179	100	61	34,8	41	22,9	37	20,7	15	8,4	25	14,0

N = número de coletas

ND = não detectado

Fonte: Dados extraídos do projeto de fiscalização em fundições do MTE em 2013

As fundições A, B e D, após a intervenção fiscal, continuaram a apresentar inexpressivo número de resultados acima dos limites de exposição. Apesar de algumas evoluções pontuais na estratégia de amostragem dessas indústrias, inadequações como tempo de coleta insuficiente, pequeno número de medições, falta de representatividade dos trabalhadores avaliados, ausência de avaliações de curta duração e de valor-teto e falta de ajuste dos limites em relação à jornada de trabalho persistiram nessa segunda fase da pesquisa, o que justifica a continuidade do baixo número de resultados acima dos referidos limites.

Com relação às concentrações encontradas, convém ressaltar que, dentre os 107 resultados acima dos limites de exposição no somatório das avaliações de todas as fundições em análise nos dois estágios da pesquisa, 73 deles se referiam a medições de poeira respirável contendo sílica livre cujos valores estão dispostos nas Tabelas 22 e 23.

**Tabela 22** Resultados de avaliações de sílica livre com concentrações acima do LT (N-15) antes da intervenção fiscal

Fundição	Concentração <sup>(1)</sup> (mg/m <sup>3</sup> )	LT (NR-15) <sup>(1)</sup> (mg/m <sup>3</sup> )	Severidade <sup>(2)</sup>	Setor
C	1,30	0,30	4,33	Moldagem
C	0,80	0,50	1,60	Moldagem
C	3,50	0,40	8,75	Acabamento
C	14,20	0,30	47,33	Recuperação de areia
C	14,30	0,50	28,60	Recuperação de areia
C	44,00	0,70	62,86	Recuperação de areia
C	2,50	0,20	12,50	Acabamento
C	3,20	0,40	8,00	Acabamento
C	3,90	1,50	2,60	Solda
C	12,00	1,70	7,06	Acabamento
C	1,5	0,4	3,75	Macharia
E	2,710	1,691	1,60	Manutenção
E	0,819	0,694	1,18	Manutenção
E	1,973	0,860	2,29	Desmoldagem
E	1,533	0,984	1,56	Desmoldagem
E	0,548	0,542	1,01	Quebra Canal
E	0,870	0,673	1,29	Jateamento
E	10,353	1,479	7,00	Rebarbação
E	1,791	1,751	1,02	Rebarbação
E	1,792	0,926	1,94	Rebarbação
E	0,916	0,901	1,02	Rebarbação
E	0,304	0,234	1,30	Preparação de Areia
E	7,306	0,511	14,30	Preparação de Areia
E	7,220	0,581	12,43	Moldagem
E	0,332	0,329	1,01	Macharia
E	0,285	0,279	1,02	Macharia
E	0,942	0,889	1,06	Macharia

(1) Relativo à poeira respirável; (2) Relação entre concentração e limite de tolerância  
 Fonte: Dados extraídos do projeto de fiscalização em fundições do MTE em 2013

Algumas observações são relevantes no que tange à referida avaliação de poeira respirável contendo sílica. Com relação à fundição A, constatou-se que nenhuma das coletas realizadas detectou a presença desse agente químico, apesar do largo emprego de areia no seu processo de confecção de machos e moldes.

Além disso, a atividade de manutenção do setor de recuperação de areia não foi avaliada para determinar a concentração do referido agente. Esses setores apresentaram valores de poeira respirável contendo sílica acima dos limites de tolerância nas fundições B, C e E. Nesse sentido, essa atividade também deveria ser objeto de avaliação pela fundição A.

**Tabela 23** Resultados de avaliações de sílica livre com concentrações acima do LT (N-15) depois da intervenção fiscal

Fundição	Concentração <sup>(1)</sup> (mg/m <sup>3</sup> )	LT (NR-15) <sup>(1)</sup> (mg/m <sup>3</sup> )	Severidade <sup>(2)</sup>	Setor
B	6,10	3,84	1,59	Recuperação de areia
C	1,821	1,162	1,57	Macharia
C	0,596	0,513	1,16	Macharia
C	0,926	0,776	1,19	Macharia
C	1,925	0,576	3,34	Macharia
C	2,024	0,631	3,21	Macharia
C	2,522	2,159	1,17	Rebarbação
C	0,864	0,703	1,23	Rebarbação
C	4,283	3,990	1,07	Rebarbação
C	0,809	0,284	2,85	Rebarbação
C	12,550	1,829	6,86	Rebarbação
C	1,239	0,928	1,34	Rebarbação
C	6,278	0,986	6,37	Rebarbação
C	14,127	0,489	28,89	Rebarbação
C	1,289	0,801	1,61	Rebarbação
C	1,172	1,166	1,01	Moldagem
C	0,998	0,940	1,06	Moldagem
C	4,035	3,175	1,27	Moldagem
C	1,027	0,809	1,27	Moldagem
C	1,027	0,809	1,27	Moldagem
C	6,932	1,110	6,25	Moldagem
C	3,380	2,339	1,45	Fusão/Vazamento
C	17,268	3,158	5,47	Fusão/Vazamento
C	2,099	0,928	2,26	Desmoldagem
C	3,235	0,915	3,54	Recuperação de Areia
C	1,810	1,004	1,80	Manutenção
C	2,736	1,556	1,76	Manutenção
E	0,383	0,235	1,63	Macharia
E	2,590	0,271	9,56	Preparação de areia



<b>Fundição</b>	<b>Concentração<sup>(1)</sup> (mg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>LT (NR-15)<sup>(1)</sup> (mg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Severidade<sup>(2)</sup></b>	<b>Setor</b>
E	0,305	0,168	1,82	Fusão
E	1,936	1,465	1,32	Fusão
E	0,836	0,699	1,20	Manutenção
E	1,651	1,282	1,29	Manutenção
E	0,602	0,303	1,99	Manutenção
E	0,716	0,671	1,13	Quebra de canais
E	0,993	0,306	3,25	Quebra de canais
E	1,286	0,640	2,01	Quebra de canais
E	1,447	0,871	1,66	Moldagem
E	11,203	0,483	23,19	Preparação de areia
E	9,458	0,520	18,19	Preparação de areia
E	0,888	0,439	2,02	Rebarbação
E	2,236	1,812	1,23	Acabamento
E	0,691	0,195	3,54	Acabamento
E	2,363	0,358	6,60	Acabamento
E	0,652	0,606	1,76	Acabamento
E	0,475	0,357	1,33	Acabamento
E	2,706	0,670	4,04	Acabamento

(1) Relativo à poeira respirável; (2) Relação entre concentração e LT da NR-15  
 Fonte: Dados extraídos do projeto de fiscalizações em fundições do MTE em 2013

Diante dessas avaliações da concentração de sílica livre cristalina, evidencia-se que as fundições A, B e D apresentaram resultados bem diferentes em relação às indústrias C e E. O inexpressivo número de mensurações acima dos limites de tolerância dessas três fundições também não está alinhado com os resultados das avaliações dos estudos relatados anteriormente.

No que tange aos resultados da avaliação de sílica das fundições C e E, conforme dados das Tabelas 22 e 23, a indústria C subiu de 11 concentrações acima do limite de tolerância para 25 após a intervenção fiscal. A fundição E evoluiu de 16 para 20 resultados. Destaca-se que, no caso da fundição C, houve um aumento na quantidade de coletas em relação à maioria dos agentes químicos, o que pode justificar o crescimento do número de resultados elevados. Entretanto, independentemente dessa observação, constatou-se significativa ineficiência da gestão de riscos químicos dessas duas fundições, pois não adotaram medidas de

controle suficientes para reduzir os índices de concentração do referido agente químico.

Há que se ponderar também que todas as fundições empregaram o método analítico da espectrofotometria no infravermelho para determinação da concentração de sílica na amostra. Entretanto, não se considerou a possível interferência da argila (componente da areia verde) nos resultados.

### 7.3.2 Ajuste dos limites de exposição

Após análise das jornadas de trabalho registradas pelos trabalhadores das indústrias estudadas, constatou-se que, com exceção da fundição A, todas excedem as oito horas diárias. Entretanto, nenhuma delas considerou a necessidade de aplicar modelos matemáticos de redução dos limites de exposição para adequá-los à sua realidade.

Com base nas jornadas de trabalho praticadas nas cinco fundições, constatou-se que, em algumas situações, como nos exemplos apresentados na Tabela 24, a redução dos LEOs da ACGIH (2012) pela aplicação do modelo matemático Brief & Scala teve como consequência o fato de que concentrações de substâncias químicas relevantes do ponto de vista toxicológico, como cádmio, cromo e manganês, ultrapassaram os limites ajustados, o que não ocorria com os LEOs para jornadas de trabalho de oito horas diárias.

**Tabela 24** Redução do LEO pelo modelo Brief & Scala

Fundição	Concentração (mg/m <sup>3</sup> )	LEO ACGIH (2012) (mg/m <sup>3</sup> )	LEO ajustado (Brief & Scala) (mg/m <sup>3</sup> )	Substância química
B	0,009	0,01	0,006	Cádmio
B	0,04	0,05	0,029	Chumbo
D	9,53	10,0	8,33	Poeira inalável
E	0,18	0,20	0,179	Manganês

Fonte: Dados extraídos do projeto de fiscalização em fundições do MTE em 2013

Dessa forma, as fundições pesquisadas não consideraram as variações de jornada de trabalho e os seus reflexos na redução dos LEOs. Portanto, conclui-se que o emprego de limites de exposição ocupacional sem os devidos ajustes é um instrumento frágil para a tomada de decisão acerca da aceitabilidade do risco.

### 7.3.3 Frequência de reavaliação

Somente o PPRA da fundição B estabelece a frequência de reavaliação. O referido programa prevê 12 meses para reavaliação quantitativa e seis meses para as concentrações que ultrapassem o limite de exposição. Entretanto, a periodicidade proposta pela indústria contradiz a literatura técnica e a legislação brasileira, especificamente a NR-9 (BRASIL, 1978b), pois, em casos de exposição acima do LEO, medidas devem ser adotadas imediatamente e, em seguida, devem-se realizar as avaliações para verificar a eficácia dessas ações de controle.

Destaca-se ainda que a fundição E, diante das notificações fiscais do trabalho, realizou novas avaliações quantitativas após 4 anos contados das últimas medições. Esse longo período sem reavaliações é o resultado da falta de critérios técnicos para monitorar a exposição dos trabalhadores a agentes químicos perigosos.

Constata-se, portanto, a falta ou a inadequação de critérios de definição da frequência de reavaliação em todas as fundições pesquisadas, o que contraria as normas brasileiras e a literatura técnica já descrita.

### 7.3.4 Outros aspectos metodológicos de valoração dos riscos

Além das mencionadas fragilidades dos critérios de valoração dos riscos das fundições avaliadas, como o uso de limites desatualizados, a falta de adequação dos LEOs às reais jornadas de trabalho e o número insuficiente de coletas, foram observadas outras inconsistências nos métodos de aceitabilidade de risco que merecem destaque.

Em um determinado GES da fundição D, o filtro de coleta foi instalado na parte interna da proteção respiratória do trabalhador. Dessa forma, a concentração de poeira inalável encontrada foi de 0,086 mg/m<sup>3</sup>, bem abaixo, portanto, do LEO de 10 mg/m<sup>3</sup> (AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS, 2012). A aceitabilidade do risco com base nesse método de avaliação é frágil, pois ela foi determinada sem observar o grau de dependência do trabalhador ao EPI e, conseqüentemente, desprezou a hierarquia de medidas de controle prevista na NR-9 (BRASIL, 1978b). Caso a medição fosse realizada da forma

adequada, ou seja, sem considerar o uso de respiradores, seria possível determinar a eventual necessidade do emprego de medidas de proteção coletiva.

Acerca da adequação do método analítico, destaca-se que o laboratório contratado pela fundição B escolheu o método NIOSH 5515 (NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH, 1994a) e estabeleceu LQ de 1,0 µg por amostra para análise de todos os tipos de HPA. A título de comparação, o método NIOSH 5506 (NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH, 1994b) registra LQ entre 0,0051 e 0,33 µg por amostra para o benzo[a]pireno. Como resultado da análise, o referido laboratório não detectou a presença de HPAs na fundição em questão. Dessa forma, além das incertezas decorrentes das já relatadas falhas no procedimento de avaliação ambiental (tempo e número de coletas insuficientes), a referida escolha do método analítico menos sensível pode acarretar em resultado falso negativo para a presença de HPAs.

Para determinados tipos de HPAs, como benzo[a]pireno, benzo[a]antraceno, benzo[b]fluoranteno e criseno, a exposição, por qualquer via, deve ser cuidadosamente controlada e reduzida aos níveis mais baixos possíveis (AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS, 2012). Nesse intuito, o método analítico selecionado deve ser o mais sensível possível.

Como citado na revisão bibliográfica, diversos autores encontraram concentrações diferentes de HPAs em fundições de metais ferrosos com características semelhantes às das indústrias pesquisadas neste estudo. Tais pesquisadores empregaram métodos analíticos suficientemente sensíveis para detectarem concentrações de benzo[a]pireno. Sendo assim, e especialmente pela toxicidade de determinados tipos de HPA, a fundição B deveria utilizar método analítico mais sensível no intuito de detectar, com maior precisão, a presença desse subproduto no seu ambiente de trabalho.

Ressalta-se ainda que os métodos analíticos do NIOSH utilizados pelas fundições pesquisadas, em sua maioria, preveem o uso de BC e alguns, como o NIOSH 5515 e o NIOSH 5506 para análise de HPA, também determinam o emprego de BM.

A maioria dos laudos laboratoriais apresentados pela fundição A não menciona o emprego de BC ou BM, exceção feita às análises de HPA, em que foi registrada a correção dos resultados pelo uso de BM e que a referida indústria não forneceu BC.

Com relação à fundição B, exceto para análise de névoa de óleo mineral, não foram fornecidos BC e, no que tange ao HPA, não se utilizou BM.

Os laudos laboratoriais das fundições C e D não mencionam o emprego das referidas ferramentas de controle BC e BM.

No que tange à fundição E, os laudos ambientais apresentam a informação de que, em sua metodologia, foram utilizados brancos de campo que receberam o mesmo tratamento, manuseio, conservação e análise dos empregados nas coletas ambientais, sem, no entanto, informar o quantitativo utilizado desses amostradores.

Dessa forma, em que pese o registro, nos laudos laboratoriais, do emprego dos métodos analíticos do NIOSH, as fundições pesquisadas não observaram com rigor os critérios definidos pela referida organização internacional.

Paralelamente, a fundição A, após intervenção fiscal, apresentou laudo laboratorial com o resultado da análise da presença de HPA em cinco amostras. Não foi detectada a presença do referido subproduto nessas coletas. Entretanto, há inconsistências nas outras etapas do processo de avaliação de riscos que impedem a utilização desse laudo como critério de julgamento da aceitabilidade do risco. Não foi definida a estratégia de amostragem, não foram explicados os critérios de seleção dos trabalhadores amostrados e todas as coletas foram realizadas em apenas um dia, o que não possibilita tratamento estatístico dos dados.

Essa análise da fundição A ressalta a importância de que todas as etapas da avaliação quantitativa (reconhecimento dos riscos, coleta e análise laboratorial) se desenvolvam apropriadamente. Eventuais inconsistências em uma das fases desse processo comprometem o resultado final. Após a intervenção fiscal, a referida indústria contratou uma equipe externa para realizar o reconhecimento dos riscos ambientais, a qual, por sua vez, contratou outra que ficou responsável pela coleta

das substâncias químicas. Esta terceira, por fim, enviou o material coletado para um laboratório realizar a análise. Nesse caso, houve três equipes externas à fundição que participaram do processo.

A Tabela 25 apresenta, por fundição e nos dois momentos da pesquisa, os responsáveis pela execução das fases de reconhecimento de risco, coleta de amostras de substâncias químicas no ambiente de trabalho e respectiva análise laboratorial. Somente as fundições B e D desenvolveram a etapa de reconhecimento de risco com equipe própria. Na fase de coleta e análise laboratorial, todas as indústrias pesquisadas contrataram profissionais externos.

**Tabela 25** Responsáveis pelo reconhecimento dos riscos, coleta e análise laboratorial antes e depois da ação fiscal

Fundições	Reconhecimento de riscos		Coleta		Análise laboratorial	
	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
A	Externo 1	Externo 1	Externo 2	Externo 2	Externo 2	Externo 3
B	Interno	Interno	Externo 1	Externo 1	Externo 2	Externo 2
C	Interno	Externo 1	Externo 1	Externo 1	Externo 1	Externo 1
D	Interno	Interno	Externo 1	Externo 1	Externo 1	Externo 1
E	Interno	Externo 1	Externo 1	Externo 1	Externo 1	Externo 1

Interno: equipe formada por empregados das fundições

Externos 1, 2 e 3: diferentes empresas contratadas pelas fundições

Fonte: Dados extraídos do projeto de fiscalização em fundições do MTE em 2013

Somente as fundições C e E, e apenas após a intervenção fiscal, contrataram a mesma empresa para realização do reconhecimento dos riscos, coleta e análise laboratorial.

Apesar da significativa melhora na quantidade de substâncias perigosas identificadas, nas informações acerca da coleta e no método analítico empregado em relação aos dados disponíveis antes da ação fiscal, constatou-se que as fundições C e E não adotaram nenhuma medida de controle com fundamento em avaliações qualitativas, como a substituição ou a eliminação de substâncias químicas do processo produtivo e a reorganização do espaço fabril.

Nas demais indústrias, constataram-se algumas falhas de continuidade nessas três etapas devido à diversidade de responsabilidades. Por exemplo, na segunda fase da pesquisa, a fundição A contratou empresa externa que não reconheceu inicialmente o risco de exposição ao HPA. Posteriormente, a referida indústria responsabilizou outra equipe para coleta desse subproduto. Essa segunda empresa desconsiderou o trabalho anterior e decidiu, de modo aleatório, quais grupos de trabalhadores deveriam ser selecionados para coleta. Por fim, a fundição A contratou uma terceira empresa para a análise laboratorial que obviamente não se responsabilizou pelas etapas precedentes.

Conforme já destacado na estratégia Sobane, a participação das equipes internas das indústrias é fundamental para o êxito de uma gestão de riscos, pois, nos níveis de pré-diagnóstico e observação, deve-se ter um significativo conhecimento do processo produtivo e das atividades desenvolvidas no ambiente de trabalho, como destacado na Figura 20. Por mais especializadas que as contratadas pelas fundições sejam no que tange às técnicas de avaliação de risco, nenhuma equipe externa conhece mais o processo produtivo do que os próprios funcionários da indústria. Difícilmente esses profissionais, alheios ao cotidiano da fundição, teriam conhecimento suficiente para propor alterações significativas no processo produtivo, como a substituição de agentes químicos. O que se constatou, portanto, foi que essas contratadas restringiram-se a realizar avaliações quantitativas.

#### **7.4 Análise das medidas de controle**

A gestão das fundições pesquisadas no que se refere à implementação e à verificação da eficácia das medidas de controle foi analisada com base nas informações registradas nos programas ambientais das referidas indústrias, como descrito a seguir.

##### **7.4.1 Medidas de controle descritas no PPRA das fundições**

Inicialmente, analisou-se como as medidas de controle existentes foram descritas nos respectivos PPRA's antes e depois da intervenção fiscal. Conforme apresentado na Tabela 26, a fundição B não descreveu as medidas de controle existentes. As indústrias A e D não apresentaram evolução no formato de registro

das medidas de controle. Sendo assim, apenas as fundições C e E demonstraram mudança significativa na descrição das referidas ações preventivas.

**Tabela 26** Descrição, no PPRA das fundições, das medidas de controle existentes antes e depois da ação fiscal

Fundição	Descrição, no PPRA, das medidas de controle existentes	
	Antes	Depois
A	Exaustor Sistema de captação de poeira Cabine de pintura	Exaustor Sistema de captação de poeira Cabine de pintura
B	Sem descrição	Sem descrição
C	EPI/EPC	Ventilação geral Sistema de despoeiramento nos fornos
D	EPI	EPI
E	EPI	Sistema de exaustão Ventilação geral Segregação de área (pintura) Cabine de pintura

Fonte: Dados extraídos do projeto de fiscalização em fundições do MTE em 2013

Entretanto, constataram-se inadequações na descrição das medidas de controle frente à literatura técnica e à legislação brasileira. Em primeiro lugar, destaca-se que todas as ações de controle descritas nos referidos programas de prevenção referem-se a medidas de engenharia ou uso de EPI. Não há registro da realização de estudos técnicos com o objetivo de eliminar ou minimizar a exposição dos trabalhadores aos agentes químicos perigosos, o que contraria a mencionada hierarquia de controle prevista na NR-9 (BRASIL, 1978b).

Adicionalmente, constatou-se que somente a fundição E mencionou a segregação de área como medida de controle. Entretanto, na maioria das fundições inspecionadas, certas etapas do processo produtivo, como a moldagem em areia verde, a fusão, o vazamento e a desmoldagem, desenvolvem-se no mesmo ambiente de trabalho, em grandes galpões industriais e sem qualquer barreira física entre os setores produtivos. Dessa forma, parte dos trabalhadores está exposta desnecessariamente a agentes perigosos, ou seja, socializa-se o risco.

Nenhuma das fundições mencionou, no PPRA, o resultado da avaliação da eficácia das medidas de controle, o que contraria o dispositivo normativo da NR-9.



Nessa norma, não está clara a forma como as medidas de controle devam ser descritas, tampouco estão definidos os critérios para avaliação da eficácia das medidas de controle (BRASIL, 1978b).

Entretanto, no que tange à avaliação da eficácia das medidas de controle, além das medições quantitativas das concentrações dos agentes químicos no ambiente de trabalho, as fundições deveriam anexar ao PPRA a lista de verificação e o cronograma de manutenção de equipamentos de controle coletivo, como exaustores e cabines de pintura cuja eficácia está condicionada ao estado de manutenção dos filtros e coletores.

Com relação aos controles de engenharia, a forma como eles são descritos nos PPRA das fundições em análise é muito simplificada. Segundo a HSE (2011), em processos industriais complexos, normalmente são requeridos projetos de medidas de controle coletivo elaborados por especialistas, com os quais os representantes das organizações contratantes desses serviços devem trabalhar. Dessa forma, nos PPRA, deveriam constar, no corpo do texto ou anexas, as características técnicas das medidas de controle de engenharia e, quando fosse o caso, a identificação do profissional legalmente habilitado responsável pela elaboração do projeto.

#### 7.4.2 O impacto do resultado das avaliações quantitativas na adoção de medidas de controle

Constatou-se que, antes da intervenção fiscal, 80 resultados das avaliações quantitativas das fundições pesquisadas estavam acima do nível de ação definido pela NR-9 (BRASIL, 1978b), como se pode concluir por intermédio dos dados apresentados na Tabela 20.

Com relação às fundições C e E, foram analisados dois PPRA elaborados em anos consecutivos antes da ação fiscal. Apesar dessas indústrias apresentarem respectivamente 33 e 38 resultados acima do referido nível de ação, esses valores foram repetidos nos dois mencionados programas. Essa constatação demonstra que essas fundições não utilizaram as avaliações quantitativas como instrumento de gestão de risco químico. Ao invés de adotar medidas de controle coletivo adequadas

nos GESs em que foram encontrados valores acima dos limites recomendados, essas indústrias simplesmente copiaram os resultados nos PPRAs seguintes.

Os resultados da etapa de avaliação de risco considerados inaceitáveis devem ser objeto imediato de controle. As fundições C e E, apesar de adotarem limites de exposição como critério de valoração de risco, na prática não utilizaram esses parâmetros para promoverem melhorias nos seus ambientes de trabalho.

Ressalta-se ainda, com relação às mesmas fundições, que, após a intervenção fiscal, os representantes dessas indústrias decidiram realizar novas avaliações quantitativas. Entretanto, antes das mensurações ambientais, o procedimento mais adequado seria a revisão das medidas de controle coletiva existentes, especialmente quanto à manutenção e ao dimensionamento dos exaustores, ou a adoção de novas ações preventivas. Sem essa precaução, algumas avaliações, como as coletas de sílica livre cristalina cujos resultados estão apresentados nas Tabelas 24 e 25, só serviram para constatar o óbvio e que já havia sido detectado nas medições anteriores: a necessidade da adoção de medidas de controle coletivo.

No que tange à fundição D, os GESs definidos antes da intervenção fiscal não são exatamente os mesmos da avaliação ambiental realizada posteriormente. Dessa forma, a análise das variações dos resultados superiores ao nível de ação nos dois momentos da pesquisa tornou-se impraticável. Particularmente com relação às concentrações de sílica livre cristalina, constatou-se que alguns GESs apresentaram valores excessivos após a intervenção fiscal, o que indica apenas ineficiências das medidas de controle coletivo.

#### 7.4.3 Higienização de uniformes

Os uniformes utilizados pelos trabalhadores nas áreas produtivas das fundições de metais ferrosos devem ser higienizados com frequência. As vestimentas que não são limpas adequadamente ficam impregnadas de contaminantes, o que pode desencadear o aparecimento de erupções cutâneas e o desenvolvimento de infecções de pele (FOUNDRIES INDUSTRY ADVISORY, 1996).

Na higienização dos uniformes, deve ser dada atenção especial ao método de lavagem e, para tal, as instruções dos fabricantes ou fornecedores devem ser seguidas. É pouco provável que os uniformes possam ser lavados adequadamente nas residências dos trabalhadores, com máquinas de lavar e sabão domésticos. O ideal é ter as vestimentas de trabalho limpas profissionalmente, de acordo com as recomendações dos fabricantes ou fornecedores (FOUNDRIES INDUSTRY ADVISORY COMMITTEE, 1996).

Além disso, para evitar que os uniformes sejam lavados juntamente com as roupas domésticas, as fundições devem ser responsáveis pela higienização das vestimentas utilizadas por trabalhadores expostos aos diversos agentes químicos empregados no processo produtivo (RIBEIRO, PEDREIRA FILHO; RIEDERER, 2007).

No Brasil, alguns estados da federação publicaram leis que responsabilizam os empregadores pela higienização de uniformes contaminados no intuito de proteger o trabalhador e o meio ambiente.

No estado de São Paulo, essa obrigação está expressa na lei nº 12.254 (SÃO PAULO, 2006). Com o mesmo teor da referida legislação, o governo do Estado do Rio de Janeiro publicou a lei nº 5.732 (RIO DE JANEIRO, 2010). Por fim, o estado do Rio Grande do Sul publicou a lei nº 13.892 (RIO GRANDE DO SUL, 2012), igualmente dispendo sobre a responsabilidade pela higienização de uniformes contaminados.

Entretanto, inicialmente, constatou-se que apenas a fundição D responsabilizava-se pela higienização profissional dos uniformes de seus trabalhadores. Após a intervenção fiscal, mesmo com aplicação de penalidades administrativas, somente a fundição B iniciou procedimentos internos para contratação de empresa especializada em higienização de uniformes industriais.

## **7.5 Análise do PCMSO**

Segundo disposto no subitem 7.2.4 da NR-7, o PCMSO deve ser planejado e implementado com base no resultado da identificação dos riscos ambientais das

avaliações previstas em outros instrumentos normativos (BRASIL, 1978a). Neste trabalho, fundamentalmente, essas informações são oriundas do PPRA das fundições.

Os resultados das telerradiografias de tórax, por se tratar de assunto específico disposto no Anexo II do Quadro II da NR-7 (BRASIL, 1978a), serão objeto de discussão no subitem 7.5.6.

Além da aplicação dos mecanismos de rastreamento, foi avaliada a adequação da realização dos exames complementares nos termos da NR-7 (BRASIL, 1978a) e da ACGIH (2012). Paralelamente, verificaram-se a correlação entre o PCMSO e o PPRA das fundições no que tange aos riscos identificados e à definição dos GESs, bem como os resultados descritos no relatório anual do referido programa médico.

#### 7.5.1 Análise do PCMSO: fundição A

Inicialmente, o PCMSO em análise apresenta, de forma resumida, os dados da organização e algumas breves reproduções de dispositivos normativos extraídas do texto da NR-7.

Antes da ação fiscal, constatou-se, no referido programa médico, a informação de que os exames complementares somente seriam realizados caso os resultados das avaliações ambientais ultrapassassem os limites de exposição ocupacional. Esse entendimento não encontra sustentação normativa nem doutrinária. No Brasil, o monitoramento biológico é obrigatório para os trabalhadores expostos aos agentes químicos listados nos Quadros I e II da NR-7, nas condições previstas na norma (BRASIL, 1978a).

No segundo momento da pesquisa, os exames complementares previstos foram listados para cada função dentro dos setores da fundição. Não houve correlação entre os riscos identificados no PPRA e os registrados no PCMSO. Por exemplo, no programa ambiental, foi identificado risco oriundo da exposição a fumos metálicos para função de vazador. Entretanto, no PCMSO, sequer consta o reconhecimento de riscos químicos para a referida atividade. Dessa forma, nesse

grupo de trabalhadores, não há previsão do monitoramento biológico para exposição a substâncias (produtos ou subprodutos) relevantes do ponto de vista toxicológico, como o chumbo e o cromo hexavalente.

Na Tabela 27, são registrados os exames complementares previstos no PCMSO da fundição A referente à exposição a agentes químicos empregados ou gerados no ambiente de trabalho. Percebe-se que somente há previsão de avaliação para o xileno. A periodicidade de 12 meses para realização desse exame é maior do que a mínima prevista no subitem 7.4.2.1 da NR-7, que é de seis meses (BRASIL, 1978a). Embora o tolueno não tenha sido reconhecido na etapa de identificação dos perigos, incoerentemente há previsão de exame complementar para esse agente.

**Tabela 27** Monitoramento biológico: fundição A

Substância química	Programa de registro da substância	Exame complementar previsto (PCMSO)		Periodicidade de realização dos exames (PCMSO)
		Material Biológico	Análise	
Chumbo	PPRA	-	-	-
Cromo VI	PPRA	-	-	-
Fenol	PPRA	-	-	-
HPA	PPRA	-	-	-
Tolueno	PCMSO	Urina	Ácido Hipúrico	Anual
Xileno	PPRA/PCMSO	Urina	Ácido Metil-Hipúrico	Anual

Fonte: Dados extraídos do projeto de fiscalização em fundições do MTE em 2013.

Além da realização de exames clínicos e complementares, não há outro mecanismo de prevenção ou de rastreamento previsto no programa. Igualmente, não foram registradas as condições de amostragem (horário da coleta) e a lista dos profissionais ou entidades encarregados pelo médico coordenador do PCMSO dos exames complementares.

No relatório anual do PCMSO mais recente analisado, somente constam alterações nos resultados dos exames de audiometria. Dessa forma, nenhum

trabalhador foi diagnosticado com qualquer tipo de dano à saúde devido à exposição a substâncias químicas na fundição A.

#### 7.5.2 Análise do PCMSO: fundição B

Inicialmente, o PCMSO apresenta os dados da fundição, com informações importantes como a jornada diária por turno de trabalho. O texto do programa não se resumiu a transcrição da legislação, mas registrou particularidades da sua gestão de saúde do trabalhador.

No final do programa, há uma lista de agentes químicos com a previsão dos respectivos exames complementares para aqueles que possuem indicadores biológicos definidos, além do registro da periodicidade de sua realização. Entretanto, não há menção acerca de qual grupo de trabalhador realizará os exames.

Observa-se que alguns agentes químicos são reconhecidos no PPRA e não no PCMSO, como o cádmio, que, por consequência, deixou de constar da lista de substâncias monitoradas biologicamente. Outros, como o tolueno, aparecem somente no programa médico. A Tabela 28 destaca a relação das substâncias que possuem identificadores biológicos e que estão reconhecidas em pelo menos um dos referidos programas.

Em 2012, apesar do detalhamento do PCMSO com referência às substâncias identificadas, somente foram realizados exames complementares para monitorar a exposição ao cromo VI e ao chumbo, sem registro de anormalidades em seus resultados.

Paralelamente, no referido programa, foram descritos seus objetivos. Destaque para o registro dos mecanismos de prevenção, rastreamento e diagnóstico. Além da realização de exames médicos complementares, estão previstos o estudo e a análise das causas do absenteísmo. Constata-se, entretanto, que essas ações ficaram restritas ao planejamento, sem que fossem apresentadas informações, no PCMSO, de ações concretas que refletissem o emprego de ferramentas epidemiológicas no desenvolvimento do programa.

Não foram registradas as condições de amostragem (horário da coleta) e a lista dos profissionais ou entidades encarregados pelo médico coordenador do PCMSO dos exames complementares.

**Tabela 28** Monitoramento biológico: fundição B

Substância química	Programa de registro da substância	Exame complementar previsto (PCMSO)		Exame realizado em 2012
		Material biológico	Análise	
Arsênio	PPRA	-	-	-
Cádmio	PPRA	-	-	-
Chumbo	PPRA/PCMSO	Sangue Urina	Chumbo Ácido delta amínico levulínico	sim sim
Cromo VI	PPRA/PCMSO	Urina	Cromo	Sim
Etilbenzeno	PCMSO	Urina	Ácido Mandélico	Não
Fenol	PPRA/PCMSO	Urina	Fenol	Não
HPA	PPRA	-	-	-
Mercúrio	PPRA	-	-	-
Metanol	PPRA/PCMSO	Urina	Metanol	Não
Monóxido de carbono	PPRA/PCMSO	Sangue	Carboxihemoglobina	Não
Tetracloroetileno	PCMSO	Urina	Ácido tricloroacético	Não
Tolueno	PCMSO	Urina	Ácido Hipúrico	Não
Tricloroetileno	PCMSO	Urina	Triclorocompostos	Não
Xileno	PCMSO	Urina	Ácido Metil-Hipúrico	Não

Fonte: Dados extraídos do projeto de fiscalização em fundições do MTE em 2013

### 7.5.3 Análise do PCMSO: fundição C

O PCMSO apresenta os dados da fundição, inclusive com a indicação da jornada diária por turno de trabalho, a identificação do coordenador do programa e a lista dos médicos examinadores encarregados da realização dos exames complementares.

No que tange aos mecanismos de prevenção, de rastreamento e de diagnóstico, o PCMSO estabelece parâmetros para investigação do nexos causal entre trabalho, saúde e doença. Além da realização dos exames complementares, foram previstos estudos epidemiológicos descritivos de mortalidade e morbidade e estudos analíticos, além da investigação de fatores de risco dos ambientes de

trabalho, como, por exemplo, o modelo de gerenciamento do processo produtivo. Entretanto, exceção feita aos exames laboratoriais, não há registro, no PCMSO em análise, dos resultados da aplicação dessas ferramentas de rastreamento e diagnóstico.

A relação de exames complementares necessários não indica qual grupo de trabalhadores será objeto dessa avaliação médica. A Tabela 29 destaca a relação das substâncias que possuem identificadores biológicos e que estão reconhecidas em pelo menos um dos programas: PPRA e PCMSO. Constata-se que, das dez substâncias químicas listadas, apenas quatro foram identificadas nos dois referidos documentos. Como positivo, destaca-se que o programa médico em análise prevê o período em que deve ser realizada a amostragem (horário da coleta), conforme exigência expressa na NR-7 (BRASIL, 1978a).

**Tabela 29** Monitoramento biológico: fundição C

Substância química	Programa de registro da substância	Exame complementar previsto (PCMSO)	
		Material biológico	Análise
Benzeno	PPRA	-	-
Cromo VI	PPRA	-	-
Estireno	PPRA/PCMSO	Urina	Ácido Mandélico
Fenol	PPRA	-	-
Monóxido de carbono	PPRA/PCMSO	Sangue	Carboxihemoglobina
n-hexano	PCMSO	Urina	2,5 hexanodiona
Tetracloroetileno	PCMSO	-	-
Tolueno	PPRA/PCMSO	Urina	Ácido Hipúrico
Tricloroetileno	PCMSO	-	-
Xileno	PPRA/PCMSO	Urina	Ácido Metil-Hipúrico

Fonte: Dados extraídos do projeto de fiscalização em fundições do MTE em 2013

No programa médico, há previsão da realização de exames complementares admissionais para trabalhadores que tenham histórico de exposição a agentes químicos com critério de identificação SC do Quadro I da NR-7 (BRASIL, 1978a), como chumbo inorgânico. Uma vez que o referido indicador biológico pode indicar



doença, esse procedimento aprimora a identificação das condições de saúde dos candidatos ao emprego no que tange à exposição a agentes químicos.

#### 7.5.4 Análise do PCMSO: fundição D

Na primeira parte do programa, são apresentadas reproduções de parte do texto da NR-7 e dados resumidos da fundição.

A previsão da realização dos exames complementares fundamenta-se nos perigos identificados no PPRA e, conseqüentemente, apresenta as mesmas imprecisões daquele programa no que tange aos critérios de determinação dos GESs.

Além disso, conforme apresentado na Tabela 30, somente há previsão para o monitoramento biológico do agente químico fenol, dentre as seis substâncias reconhecidas e que possuem indicadores definidos.

**Tabela 30** Monitoramento biológico: fundição D

Substância química	Programa de registro da substância	Exame complementar previsto (PCMSO)	
		Material biológico	Análise
Chumbo	PPRA	-	-
Cromo VI	PPRA	-	-
Fenol	PPRA/PCMSO	Urina	Fenol
n-hexano	PPRA	-	-
Tolueno	PPRA	-	-
Xileno	PPRA	-	-

Fonte: Dados extraídos do projeto de fiscalização em fundições do MTE em 2013

Ressalta-se, ainda, que o relatório anual do PCMSO registra que as alterações dos exames laboratoriais não têm nexos causais com o trabalho. Entretanto, esse documento não informa especificamente quais exames complementares foram realizados. Todos os registros dos resultados laboratoriais foram agrupados, o que impede a identificação das anormalidades por agentes químicos. Ressalta-se que, nos termos do subitem 7.4.6.2 da NR-7, o mencionado

relatório deve ser apresentado e discutido perante os representantes dos trabalhadores (BRASIL, 1978a). A falta de clareza do referido documento pode prejudicar a participação dos empregados em eventuais ações de melhoria das condições de saúde deles.

#### 7.5.5 Análise do PCMSO: fundição E

Como ressaltado na Tabela 31, não há uma perfeita correlação entre os perigos identificados no PPRA e no PCMSO da fundição E. Dentre as doze substâncias químicas que possuem indicadores biológicos definidos, apenas metade delas foram reconhecidas nos dois referidos programas.

**Tabela 31** Monitoramento biológico: fundição E

Substância química	Programa de registro da substância	Exame complementar previsto (PCMSO)	
		Material biológico	Análise
Benzeno	PPRA	-	-
Cádmio	PCMSO	Urina	Cádmio
Chumbo	PPRA/PCMSO	Sangue	Chumbo
Cromo VI	PPRA/PCMSO	Urina	Cromo
Estireno	PPRA	-	-
Etilbenzeno	PPRA	-	-
Fenol	PPRA/PCMSO	Urina	Fenol
HPA	PPRA	-	-
Monóxido de carbono	PPRA/PCMSO	Sangue	Carboxihemoglobina
Tolueno	PPRA/PCMSO	Urina	Ácido Hipúrico
Tricloroetileno	PPRA	-	-
Xileno	PPRA/PCMSO	Urina	Ácido Metil-Hipúrico

Fonte: Dados extraídos do projeto de fiscalização em fundições do MTE em 2013

O referido PCMSO apresenta os dados da fundição, com informações importantes como a jornada diária por turno de trabalho. Após transcrição de alguns trechos da NR-7, há um quadro com o planejamento anual detalhado referente à realização dos exames clínicos e complementares.

No que tange ao relatório anual, nenhum resultado do monitoramento biológico ultrapassou o IBMP. Entretanto, assim como na fundição D, os resultados dos exames complementares estão agrupados, o que impede conhecer quantos foram realizados por substância química.

#### 7.5.6 Análise da qualidade das telerradiografias de tórax

Como parte da ação de fiscalização do Ministério do Trabalho e Emprego em fundições de metais ferrosos no estado de São Paulo, algumas telerradiografias de tórax foram selecionadas para análise da qualidade técnica, segundo a classificação radiológica da OIT (INTERNATIONAL LABOR OFFICE, 2011) descrita no subitem 6.1 deste trabalho. Posteriormente, as radiografias foram analisadas pelo Dr. Eduardo Algranti, pesquisador da Fundacentro certificado pelo NIOSH – Leitor B – para leitura e interpretação radiológica. A qualidade técnica das radiografias das fundições antes da intervenção fiscal é descrita comparativamente na Tabela 32. Para seleção das radiografias analisadas, foram escolhidos os trabalhadores com maior tempo de exposição à poeira contendo sílica cristalina.

**Tabela 32** Qualidade técnica das radiografias segundo critério da OIT (INTERNATIONAL LABOR OFFICE, 2011)

Fundição	QT 1	QT 2	QT 3	QT 4	Total de radiografias analisadas
<b>A</b>	0	1	6	12	19
<b>B</b>	11	12	4	3	30
<b>C</b>	0	0	0	14	14
<b>D</b>	0	0	0	30	30
<b>E</b>	1	5	13	7	26

QT: Qualidade Técnica

Fonte: Dados extraídos do projeto de fiscalização em fundições do MTE em 2013

Na fundição A, foram avaliadas 19 radiografias das funções de rebarbadores e operadores de máquina *shell molding*. Dessas, 12 foram consideradas de nível 4 (sem condições de interpretação). Das demais, 6 foram classificadas como nível 3 e uma como nível 2.

Com relação à fundição B, foram avaliadas 30 telerradiografias. Dessas, 3 foram consideradas de nível 4. Das demais, 4 foram classificadas como nível 3, 12 de nível 2 e 11 de nível 1. Ressalta-se também que 3 radiografias apresentaram

alterações compatíveis com pneumoconioses. Dos trabalhadores selecionados, 8 são forneiros, 13 são operadores de máquina e os demais exercem funções diversas. Somente 5 empregados avaliados foram admitidos depois do ano 2000. O trabalhador mais novo dentre os escolhidos foi contratado em 2005. Dessa forma, constata-se que a maioria dos avaliados está exposta à poeira há mais de 10 anos.

Dos 22 trabalhadores selecionados da fundição C, somente 14 realizaram os exames radiológicos. Desses, 6 são moldadores, 4 rebarbadores e os demais desempenham funções diversas. Nenhuma radiografia pôde ser interpretada de acordo com a classificação radiológica da OIT (INTERNATIONAL LABOR OFFICE, 2011) por serem impressas com reduções superiores ao permitido. Além do tamanho inadequado, a qualidade técnica dos exames, em sua maioria, era ruim devido ao uso de contraste inadequado e ao mau posicionamento do paciente.

Com relação à fundição D, nenhum dos 30 exames radiológicos analisados possibilitou leitura segundo os critérios da OIT (INTERNATIONAL LABOR OFFICE, 2011).

Por fim, das 26 radiografias da fundição E analisadas, dentre 30 trabalhadores selecionados, 7 foram consideradas inadequadas para interpretação. Das demais, 13 foram classificadas como nível 3. Foram encontrados 5 exames de nível 2 e uma radiografia de nível 1. Destaca-se que, dos empregados selecionados, 3 foram admitidos na década de 1990, um nos anos 1970 e os demais na década de 1980. Dessa forma, constata-se que a maioria dos trabalhadores selecionados está exposta à poeira há mais de 20 anos.

Após intervenção fiscal motivada pelas referidas inadequações da qualidade das radiografias de tórax, foram avaliados novos lotes pela Fundacentro. Os 4 exames da fundição B foram classificados com qualidade 4. Na fundição C, foram avaliados 30 exames: 15 classificados com qualidade 4, 12 com qualidade 3 e 3 com qualidade 2. Na fundição E, dois exames cujos resultados apresentam suspeita de pneumoconiose foram avaliados, ambos classificados como qualidade 4.

Portanto, verifica-se que as fundições B, C e E, mesmo após as orientações do Serviço de Medicina da Fundacentro e determinações das autoridades fiscais,

persistiram em apresentar radiografias com defeitos técnicos, sendo os mais comuns o contraste inadequado das estruturas pulmonares, a saturação e a redução do tamanho da imagem. Ressalta-se que, apesar dos problemas técnicos serem evidentes, alguns exames foram classificados como qualidade 1 por médico radiologista de uma das fundições. Após análise dos relatórios anuais, constatou-se que apenas a fundição B apresentou resultados anormais nas telerradiografias de tórax no PCMSO de 2012. Entretanto, esses resultados, no que tange à avaliação da ocorrência ou do agravamento de pneumoconiose, são pouco confiáveis, pois a maioria das radiografias não estava adequada para leitura e interpretação.

Os significativos números de casos de silicose entre trabalhadores de fundição relatados na literatura contradizem a ausência de comunicação da ocorrência ou do agravamento de pneumoconioses entre os expostos pelas indústrias pesquisadas.

Apenas a fundição B apresentou qualidade técnica suficiente, na maior parte de suas radiografias selecionadas, para leitura e interpretação adequadas. A baixa qualidade dos exames e a provável subnotificação dos resultados anormais podem acarretar sérios prejuízos à saúde dos trabalhadores. Há a possibilidade da permanência de empregados com quadro de pneumoconiose em ambientes com exposição à poeira e o conseqüente agravamento da referida doença profissional.

A Fundacentro, como parte integrante do Programa Nacional de Eliminação da Silicose (PNES), capacita médicos para leitura e interpretação de radiografias de tórax. Dessa forma, empregadores e gestores em segurança e saúde do trabalhador podem verificar a qualificação técnica dos profissionais responsáveis pela realização dos referidos exames. Entretanto, nas fundições mencionadas neste trabalho, constataram-se casos de radiografias de baixa qualidade mesmo com a coordenação de médicos qualificados. Esse fato demonstra a necessidade das fundições serem criteriosas na escolha do profissional ou da entidade prestadora de serviços médicos. Além da qualificação profissional, exigência indispensável, devem-se adotar outras medidas de gestão, como pesquisa de mercado e auditorias, como forma de garantir qualidade na seleção dos responsáveis pela execução das mencionadas radiografias.

### 7.5.7 Avaliação do PCMSO – considerações finais

Após análise dos referidos programas médicos, constatou-se que nenhuma das fundições pesquisadas identificou, de forma correlacionada no PPRA e no PCMSO, mais da metade das substâncias passíveis de monitoramento biológico, conforme destacado na Tabela 33.

**Tabela 33** Monitoramento biológico: correlação entre identificação de substâncias químicas no PPRA e no PCMSO

Fundição	Nº substâncias químicas identificadas	Substâncias identificadas somente no PPRA	Substâncias identificadas somente no PCMSO	Substâncias identificadas no PPRA e PCMSO	
				Nº	%
A	6	4	1	1	16,7
B	14	4	5	5	35,7
C	10	3	3	4	40,0
D	6	5	0	1	16,7
E	12	5	1	6	50,0

Fonte: Dados extraídos do projeto de fiscalização em fundições do MTE em 2013

Conforme disposto no subitem 3.3.3, as avaliações ambientais e biológicas se completam. Os possíveis impactos na saúde dos trabalhadores devido às referidas inadequações das medições quantitativas nas fundições em análise, que apresentaram resultados pouco confiáveis, e a consequente insuficiência de medidas de controle poderiam ser amenizadas se houvesse criteriosa monitoração biológica.

Entretanto, como destacado anteriormente, alguns trabalhadores expostos a agentes químicos como cádmio, chumbo e cromo VI, carcinogênicos comprovados para seres humanos (INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER, 2013), não realizaram os devidos exames complementares. Dessa forma, o relatório anual do PCMSO, que apresenta a quantidade de exames com resultados anormais e que poderia ser um documento útil à gestão de riscos da indústria, é pouco representativo.

Constatou-se também que nenhum PCMSO apresenta resultado de medidas de rastreamento e diagnóstico precoce dos agravos à saúde dos trabalhadores além dos exames complementares. O programa de controle médico da fundição B prevê a realização de rastreamento dos casos de absenteísmo e o da fundição C, estudos epidemiológicos para investigação do nexos causal dos agravos à saúde dos trabalhadores. Entretanto, nos PCMSOs dessas duas indústrias não há registro da efetivação das referidas medidas, tampouco de um cronograma de execução. Nesse aspecto, esses dois programas foram reduzidos a meras cartas de intenção.

No que tange às telerradiografias de tórax, com exceção da fundição B, a maioria dos exames, dentro das amostras avaliadas, não apresenta qualidade mínima para ser interpretada radiologicamente nos termos da classificação da OIT (INTERNATIONAL LABOR OFFICE, 2011).

## Capítulo 8

### Conclusões

A análise de diversos documentos das indústrias pesquisadas, dentre eles o PPRA e o PCMSO, permitiu identificar as particularidades e as diversas ineficiências da gestão de riscos químicos nas referidas fundições de metais ferrosos.

A ação fiscal do Ministério do Trabalho e Emprego proporcionou mudanças nas fundições avaliadas que dificilmente ocorreriam espontaneamente. Dessa forma, foi possível comparar o processo de gestão de riscos químicos nas duas etapas da pesquisa: antes e depois da intervenção fiscal.

Constatou-se que, após a intervenção fiscal, somente a fundição C detalhou o processo produtivo de forma adequada, característica com a qual se relacionam algumas melhorias no seu processo de gestão de riscos, como o aumento do número de substâncias químicas identificadas. A descrição prévia e detalhada das etapas do processo produtivo é fundamental para que a gestão de riscos químicos alcance o objetivo de proteger a saúde dos trabalhadores expostos. Essa tarefa, quando executada de forma adequada, permite aos profissionais de SST e às autoridades fiscais identificarem especificamente as particularidades do emprego dos agentes químicos e os possíveis subprodutos gerados nas várias fases da produção de peças metálicas fundidas.

Algumas substâncias químicas relevantes do ponto de vista toxicológico, como sílica, cádmio, chumbo, cromo, formaldeído, MDI, trietilamina e níquel, cuja presença foi desconsiderada em algumas fundições, somente foram identificadas na segunda etapa da pesquisa. Essa constatação ressaltou o significativo grau de ineficiência da gestão de risco em sua fase de identificação dos perigos, em todas as fundições antes da ação fiscal.

Apesar do aumento do número de substâncias identificadas, as fundições ainda não dispõem de um inventário de produtos químicos criteriosamente elaborado



que facilite o acesso dos representantes públicos e dos trabalhadores à informação acerca dos perigos associados ao uso desses agentes.

Após a ação fiscal, também houve elevação do número de subprodutos reconhecidos, particularmente nas fundições B, C e E, embora ainda falte, em todas as indústrias pesquisadas, a identificação de algumas substâncias tóxicas relevantes, como as dioxinas e o cromo hexavalente.

Nenhuma fundição analisada, nas duas etapas da pesquisa, descreveu a estratégia de amostragem em seus programas de prevenção e nos respectivos laudos ambientais. Na maioria delas, constataram-se ineficiências como: a falta de critério na determinação dos grupos de exposição similar na seleção dos trabalhadores avaliados; tempo insuficiente de coleta em relação à jornada de trabalho; número de coletas inexpressivo; ausência de amostragens de curta duração; e falta de avaliação do efeito aditivo, sinérgico ou antagônico de misturas de determinadas substâncias químicas.

Devido às referidas inadequações, não há como submeter as avaliações quantitativas das fundições pesquisadas a tratamento estatístico que garanta confiabilidade dos resultados apresentados. Paralelamente, convém ressaltar que, em muitos grupos de exposição similar, a falta de critérios na seleção e o inexpressivo número de trabalhadores avaliados não conferem representatividade dos empregados expostos aos diversos agentes tóxicos presentes no ambiente de trabalho.

Em algumas situações, a empresa de SST contratada registrou a possibilidade de desvios consideráveis nos resultados apresentados nas avaliações quantitativas devido às referidas inadequações na estratégia de amostragem. Dessa forma, a causa dessas ineficiências repousa, além de critérios estritamente técnicos, em decisões gerenciais acerca do escopo de atuação de equipes externas.

Quanto à definição dos critérios de aceitabilidade dos riscos, constatou-se que as fundições basearam-se exclusivamente nos resultados das avaliações quantitativas e na comparação desses com os limites de exposição ocupacional. As

referidas inadequações da estratégia de amostragem e as fragilidades desses limites ressaltam a importância do emprego prioritário de ferramentas qualitativas.

Algumas fundições não apresentaram resultados de avaliações quantitativas de diversos agentes químicos identificados na etapa de reconhecimento dos riscos do PPRA.

Apesar dos laudos ambientais registrarem a aplicação de métodos analíticos referenciados, especialmente os do NIOSH, a análise detalhada desses documentos revela, em algumas fundições, inconsistências como a inobservância dos limites de quantificação e detecção definidos ou a escolha de métodos menos sensíveis. A falta de rigor na observância desses parâmetros abre possibilidade para que a concentração de agentes tóxicos químicos relevantes seja subestimada ou não detectada.

A presença de subprodutos relevantes do ponto de vista toxicológico não foi detectada em parte das fundições pesquisadas, o que contraria os resultados de diversos estudos apresentados neste trabalho. Na maioria delas, esses agentes sequer foram avaliados ou identificados. As indústrias que realizaram as medições apresentaram inadequações quanto à estratégia de amostragem e aos métodos analíticos selecionados e, dessa forma, os resultados apresentados não são confiáveis.

Constatou-se também que os profissionais de SST não ajustaram os limites de exposição ocupacional à jornada de trabalho registrada nos controles de frequência dos empregados expostos, pois continuaram a utilizar os limites estabelecidos para oito horas diárias de trabalho mesmo diante de atividades que submetiam os empregados a jornadas superiores. Essa constatação reforça a importância de que os profissionais de SST investiguem as características do trabalho real e não se limitem a registrar, nos programas de prevenção, os dados prescritos da atividade laboral.

Com relação à adoção de medidas de controle, as fundições pesquisadas não observaram a hierarquia definida na NR-9 e na literatura técnica, como a possibilidade da eliminação ou substituição dos agentes tóxicos e mudanças

estruturais no *layout* do ambiente de trabalho. Além disso, as referidas indústrias não estabeleceram os critérios de verificação da eficácia das medidas de controle.

Antes da ação fiscal, constatou-se que algumas fundições repetiam anualmente o registro dos resultados das avaliações. Esse fato ressalta a falta de definição da frequência de reavaliação quantitativa e a ausência da adoção de medidas de controle coletivo com base nessas medições.

A maioria das substâncias químicas que possuem indicador biológico não está identificada concomitantemente no PPRA e no PCMSO, o que ocasionou a falta da realização de exames complementares necessários para o adequado monitoramento das condições de saúde dos trabalhadores expostos.

A constatada ineficiência do monitoramento biológico, a baixa qualidade das telerradiografias de tórax e a falta de adoção de outros mecanismos de rastreamento, prevenção e diagnóstico precoce de agravos à saúde dos trabalhadores justificam, dentre outros possíveis motivos, a falta de registro de comunicação de acidente de trabalho à Previdência Social por doenças ocupacionais vinculadas à exposição aos agentes químicos presentes no ambiente de trabalho das fundições pesquisadas.

Constatou-se adequada correlação no desenvolvimento das etapas do processo de gestão de risco quando a mesma empresa de SST esteve encarregada dessas atividades. Nessas situações, entretanto, verificou-se a falta de participação dos trabalhadores, especialmente na fase de reconhecimento dos riscos, o que resultou na ausência de adoção de medidas de controle com fundamento em avaliações qualitativas.

A seguir, no Anexo A, consta o conteúdo mínimo que deve integrar os programas de gestão de riscos químicos em fundições de metais ferrosos. Essa proposta fundamenta-se na compreensão do processo produtivo e de seus riscos correlatos, na participação dos trabalhadores em todas as fases dessa avaliação, no emprego de avaliações quantitativas restrito aos casos de incertezas quanto ao perfil da exposição ocupacional e na correlação entre controle médico e ambiental.

## Referências

ADZERSEN, K. H. et al. Cancer mortality in a cohort of male German iron foundry workers. **American Journal of Industrial Medicine**, New York, v. 43, n. 3, p. 295-305, Mar. 2003.

AHN, Y. S.; WON, J. U.; PARK, R. M. Cancer morbidity of foundry workers in Korea. **Journal of Korean Medical Science**, Seoul, v. 25, n. 12, p. 1733-1741, 2010.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES & DISEASE REGISTRY. Conclusions. In: \_\_\_\_\_. **Interaction profiles** for toxic substances: benzene, toluene, ethylbenzene and xylenes (BTEX). 2011b. Disponível em: <<http://www.atsdr.cdc.gov/interactionprofiles/ip05.html>>. Acesso em: 21 jun. 2013.

\_\_\_\_\_. **Guidance manual for the assessment of joint toxic action of chemical mixtures**. [S.l.], 2004. Disponível em: <<http://www.atsdr.cdc.gov/interactionprofiles/IP-ga/ipga.pdf>>. Acesso em: 03 jun. 2013.

\_\_\_\_\_. **Toxic substances portal**: Interaction profiles for toxic substances. 2011a. Disponível em: <<http://www.atsdr.cdc.gov/interactionprofiles/index.asp>>. Acesso em: 03 jun. 2013.

\_\_\_\_\_. **Toxic substances portal**: Methyl Isocyanate. Atlanta, 2002. Disponível em: <[www.atsdr.cdc.gov/toxfaqs/tf.asp?id=629&tid=116](http://www.atsdr.cdc.gov/toxfaqs/tf.asp?id=629&tid=116)>. Acesso em: 5 mar. 2013.

ALGRANTI, E. **Leitura radiológica das pneumoconioses**: a utilização da classificação radiológica da OIT. São Paulo, [201-?]. Disponível em: <<http://www.fundacentro.gov.br/conteudo.asp?D=SES&C=1501&menuAberto=1489>>. Acesso em: 02 abr. 2013.

\_\_\_\_\_. **Programa Nacional de Eliminação da Silicose, Brasil**: completando uma década. São Paulo: Fundacentro, 2012. Disponível em: <[http://www.fundacentro.gov.br/dominios/SES/anexos/Programa\\_Nacional\\_de\\_Eliminacao\\_da\\_Silicose\\_2011.pdf](http://www.fundacentro.gov.br/dominios/SES/anexos/Programa_Nacional_de_Eliminacao_da_Silicose_2011.pdf)>. Acesso em: 04 abr. 2013.

ALGRANTI, E.; BUSCHINELLI, J. T. P.; CAPITANI, E. M. de. Câncer de pulmão ocupacional. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, São Paulo, v. 36, n. 6, p. 784-794, nov./dez. 2010. Disponível em: <[http://www.jornaldepneumologia.com.br/PDF/2010\\_36\\_6\\_20\\_portugues.pdf](http://www.jornaldepneumologia.com.br/PDF/2010_36_6_20_portugues.pdf)>. Acesso em: 8 abr. 2013.

AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS. **Industrial ventilation**: a manual of recommended practice. 23. ed. Cincinnati, 1998.

\_\_\_\_\_. **TLVS and BEIS**: based on the documentation of the threshold limit values for chemical substances and physical agents & biological exposure indices. Cincinnati, 2012.

ANDERSSON, L. et al. Exposure assessment and modeling of quartz in Swedish iron foundries for a nested case-control study on lung cancer. **Journal of Occupational and Environmental Hygiene**, Philadelphia, v. 9, n. 2, p. 110-119, 2012.

ANDERSSON, L. et al. Quartz and dust exposure in Swedish iron foundries. **Journal of Occupational and Environmental Hygiene**, Philadelphia, v. 6, n. 1, p. 9-18, Jan. 2009.

ANDRADE, F. F. **O método de melhorias PDCA**. 2003. 157f. Dissertação (Mestrado em Engenharia)–Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-04092003-150859/pt-br.php>>. Acesso em: 24 mai. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FUNDIÇÃO. **Guia ABIFA de fundição**: anuário 2012. São Paulo, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 31000**: gestão de riscos: princípios e diretrizes. Rio de Janeiro, 2009.

ASSUNÇÃO, J. V.; PESQUERO, C. R. Dioxinas e furanos: origens e riscos. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 33, n. 5, p. 523-530, 1999. Disponível em: <<http://www.scielo.org/pdf/rsp/v33n5/0640.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2013.

BECHER, H. et al. Lung cancer, smoking and employment in foundries. **Scandinavian Journal of Work, Environment & Health**, Helsinki, v. 15, n. 1, p. 38-42, Feb. 1989.

BEELEY, P. **Foundry technology**. 2. ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2001.

BLOT, W. J. et al. Lung cancer among long-term steel workers. **American Journal of Epidemiology**, Baltimore, v. 117, n. 6, p. 706-716, June 1983.

BOFFETTA, P.; JOURENKOVA, N.; GUSTAVSSON, P. Cancer risk from occupational and environmental exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons. **Cancer Causes & Control**, Oxford, v. 8, n. 3, p. 444-472, May 1997.

BOLT, H. M.; THIER, R. Biological monitoring and biological limit values (BLV): the strategy of the Europa Union. **Toxicology Letters**, v. 162, p. 119-124, 2006.

Disponível em:

<[ftp://ftp.cdc.gov/pub/Documents/OEL/12.%20Niemeier/References/Bolt\\_2006\\_BEI%20and%20EU.pdf](ftp://ftp.cdc.gov/pub/Documents/OEL/12.%20Niemeier/References/Bolt_2006_BEI%20and%20EU.pdf)>. Acesso em: 11 jun. 2013.

BON, A. M. T. **Exposição ocupacional à sílica e silicose entre trabalhadores de marmorarias, no município de São Paulo**. 2006. 204, A96 f. Tese (Doutorado em Saúde Ambiental)–Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. Disponível em:

<<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6134/tde-27112006-084915/publico/AnaMariaTibiricaBon.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2013.

BOSETTI, C.; BOFFETTA, P.; LA VECCHIA, C. Occupational exposures to polycyclic aromatic hydrocarbons, and respiratory and urinary tract cancer: a quantitative review to 2005. **Annals of Oncology**, Dordrecht, v. 18, n. 3, p. 431-446, Mar. 2007. Disponível em:  
<<http://annonc.oxfordjournals.org/content/18/3/431.full.pdf+html>>. Acesso em: 10 abr. 2013.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Instrução Normativa nº 1, de 11 de abril de 1994. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 15 abr. 1994. Disponível em:  
<[http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812D9A435D012D9A689C0E50D0/Instru%C3%A7%C3%A3o%20Normativa%20n%C2%BA%2001%20\(PPR\).pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812D9A435D012D9A689C0E50D0/Instru%C3%A7%C3%A3o%20Normativa%20n%C2%BA%2001%20(PPR).pdf)>. Acesso em: 25 jun. 2013.

\_\_\_\_\_. Ministério do Trabalho e Emprego. Instrução Normativa nº 1, de 20 de dezembro de 1995, Brasília, DF, 20 dez. 1995. Disponível em:  
<[http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812BD96D6A012BDA74DD71230F/in\\_19951220\\_01.pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812BD96D6A012BDA74DD71230F/in_19951220_01.pdf)>. Acesso em: 22 abr. 2013.

\_\_\_\_\_. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria nº 99, de 19 de outubro de 2004. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 21 out. 2004. Disponível em:  
<[http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812BE914E6012BF92910AF0633/p\\_20041019\\_99.pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812BE914E6012BF92910AF0633/p_20041019_99.pdf)>. Acesso em: 10 jun. 2013.

\_\_\_\_\_. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria nº 223, de 06 de maio de 2011. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 10 maio 2011. Disponível em:  
<[http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C812D2E7318C8012FDB45D3721788/p\\_20110506\\_223.pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C812D2E7318C8012FDB45D3721788/p_20110506_223.pdf)>. Acesso em: 10 jun. 2013.

\_\_\_\_\_. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria nº 3.214, de 08 de junho de 1978. NR 07: programa de controle médico de saúde ocupacional. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 06 jul. 1978a. Disponível em:  
<[http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C812D308E21660130E0819FC102ED/nr\\_07.pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C812D308E21660130E0819FC102ED/nr_07.pdf)>. Acesso em: 10 jun. 2013.

\_\_\_\_\_. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria nº 3.214, de 08 de junho de 1978. NR 09: programa de prevenção de riscos ambientais. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 06 jul. 1978b. Disponível em:  
<[http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812BE914E6012BEF1CA0393B27/nr\\_09\\_at.pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812BE914E6012BEF1CA0393B27/nr_09_at.pdf)>. Acesso em: 27 fev. 2013.

\_\_\_\_\_. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria nº 3.214, de 08 de junho de 1978. NR 15: atividades e operações insalubres. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 06 jul. 1978c. Disponível em:

<[http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C816A36A27C140136A8089B344C39/NR-15%20\(atualizada%202011\)%20II.pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C816A36A27C140136A8089B344C39/NR-15%20(atualizada%202011)%20II.pdf)>. Acesso em: 26 jul. 2013.

\_\_\_\_\_. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria nº 3.214, de 08 de junho de 1978. NR 18: condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 06 jul. 1978d. Disponível em:

<[http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C812D3DCADFC3013F7C5680504D06/NR-18%20\(atualizada%202013\)%20-%20sem%2024%20meses.pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C812D3DCADFC3013F7C5680504D06/NR-18%20(atualizada%202013)%20-%20sem%2024%20meses.pdf)>. Acesso em: 26 jul. 2013.

\_\_\_\_\_. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria nº 3.214, de 08 de junho de 1978. NR 22: segurança e saúde ocupacional na mineração. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 06 jul. 1978e. Disponível em: <[http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C816A36A27C14013750EBBA0A6D54/NR-22%20\(atualizada%202011\).pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C816A36A27C14013750EBBA0A6D54/NR-22%20(atualizada%202011).pdf)>. Acesso em: 26 jul. 2013.

BURDORF, A.; TONGEREN, M. V. Commentary: variability in workplace exposures and the design of efficient measurement and control strategies. **The Annals of Occupational Hygiene**, Oxford, v. 47, n. 2, p. 95-99, Mar. 2003. Disponível em: <<http://annhyg.oxfordjournals.org/content/47/2/95.full.pdf+html>>. Acesso em: 29 mai. 2013.

BURGESS, W. A. **Identificação de possíveis riscos à saúde do trabalhador nos diversos processos industriais**. Belo Horizonte: Ergo, 1997.

BURGESS, W. A.; ELLENBECKER, M. J.; TREITMAN, R. D. **Ventilation for control of the work environment**. 2. ed. New Jersey: Wiley-Interscience, 2004. Disponível em:

<<http://healthf.kaums.ac.ir/UploadedFiles/jozveh/motalebi/VENTILATIONFORCONTROLOFTHWORKENVIRONMENT.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2013.

BUSCHINELLI, J. T.; KATO, M. **Manual para interpretação de informações sobre substâncias químicas**. São Paulo: Fundacentro, 2012. Disponível em: <[http://www.fundacentro.gov.br/dominios/CTN/anexos/Publicacao/Manual\\_Subst\\_Quim.pdf](http://www.fundacentro.gov.br/dominios/CTN/anexos/Publicacao/Manual_Subst_Quim.pdf)>. Acesso em: 10 abr. 2013.

CAMARGO, O. N. **Estudo do desempenho de filtros para particulados e seleção de respiradores para uso em mineradoras**. 2007. 100 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia)–Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3134/tde-09012008-090840/pt-br.php>>. Acesso em: 24 mai. 2013

CARNEIRO, A. P. S.; ALGRANTI, E. **Silicose**: formas de apresentação. São Paulo: Fundacentro, [201-?]. Disponível em: <<http://www.fundacentro.gov.br/conteudo.asp?D=SES&C=786&menuAberto=785>>. Acesso em: 04 abr. 2013.

CARNIN, R. L. P. et al. Use of an integrated approach to characterize the physicochemical properties of foundry green sands. **Thermochimica Acta**, Amsterdam, v. 543, p.150-155, 2012.

CARUSO, M. S. F.; ALABURDA, J. Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos – benzo(a)pireno: uma revisão. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 67, n.1, p. 1-27, abr. 2008. Disponível em: <[http://revista.ial.sp.gov.br/index.php?option=com\\_remository&Itemid=27&func=fileinfo&id=386](http://revista.ial.sp.gov.br/index.php?option=com_remository&Itemid=27&func=fileinfo&id=386)>. Acesso em: 28 jul. 2013.

CASOTTI, B. P.; BEL FILHO, E.; CASTRO, P. C. Industria de fundição: situação atual e perspectivas. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, v. 33, p. 121-162, mar. 2011. Disponível em: <[http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes\\_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set3304.pdf](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set3304.pdf)>. Acesso em: 10 abr. 2013.

CASTLEMAN, B. I.; ZIEM, G. E. Corporate influence on threshold limit values. **American Journal of Industrial Medicine**, New York, v. 13, n. 5, p. 531-559, 1988. Disponível em: <<http://www.chemicalinjury.net/PDF2/3%20%20Corporate%20Influence%20On%20TLV%20Values.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2013.

CENTRO PAULA SOUZA. **Tecnologia mecânica: 3º ciclo de técnico em mecânica**. Piracicaba, [2000?]. Disponível em: <[http://www.etepiracicaba.org.br/cursos/apostilas/mecanica/3\\_ciclo/tecnologia\\_mecanica.pdf](http://www.etepiracicaba.org.br/cursos/apostilas/mecanica/3_ciclo/tecnologia_mecanica.pdf)>. Acesso em: 5 mar. 2013.

CHECKOWAY, H.; PEARCE, N.; CRAWFORD-BROWN, D. J. **Research methods in occupational epidemiology (monographs in epidemiology and biostatistics)**. New York/Oxford: Oxford University Press, 1989. v. 13.

DRÄGER. Dräger Flow Check. [2013?]. Disponível em: <[http://www.draeger.com/sites/enus\\_us/pages/industry/flow-check.aspx?navID=605](http://www.draeger.com/sites/enus_us/pages/industry/flow-check.aspx?navID=605)>. Acesso em: 03 jun 2013.

DUNGAN, R. S.; REEVES J. B. III. Pyrolysis of foundry sand resins: a determination of organic products by mass spectrometry. **Journal of Environmental Science and Health: part a, toxic/hazardous substances & environmental engineering**, New York, v. 40, n. 8, p.1557-1567. 2005.

FEDERACIÓN ESPAÑOLA ASOCIACIONES FUNDIDORES et al. **Good practice guide on minimizing dioxin and furan emissions in foundries: DIOFUR**. Spain, 2009. Disponível em: <<http://www.feaf.es/Canales/Ficha.aspx?IdMenu=54afffde-4941-4309-a201-29d5a02f8abe&Cod=0cc360b5-8674-423b-b4c0-e6ca0af5dc3c>>. Acesso em: 12 abr. 2013.

EUROPEAN AGENCY FOR SAFETY AND HEALTH AT WORK. **Occupational exposure limits**. [200-?]. Disponível em: <<https://osha.europa.eu/en/topics/ds/oel/members.stm>>. Acesso em: 22 fev. 2013.



EUROPEAN COMMISSION. **Methodology for the derivation of occupational exposure limits**: key documentation (version 6). Brussels, 2010. Disponível em: <<http://ec.europa.eu/social/BlobServlet?docId=4526&langId=en>>. Acesso em: 4 mar. 2013.

\_\_\_\_\_. **Scientific Committee on Occupational Exposure Limits**. [S.l.: 2012?]. Disponível em:

<[http://ec.europa.eu/social/main.jsp?catId=148&langId=en&internal\\_pageId=684&moreDocuments=yes&tableName=INTERNAL\\_PAGES](http://ec.europa.eu/social/main.jsp?catId=148&langId=en&internal_pageId=684&moreDocuments=yes&tableName=INTERNAL_PAGES)>. Acesso em: 25 fev. 2013.

\_\_\_\_\_. **State of the art report on mixture toxicity**: final report. Brussels, 2009.

Disponível em:

<[http://ec.europa.eu/environment/chemicals/pdf/report\\_Mixture%20toxicity.pdf](http://ec.europa.eu/environment/chemicals/pdf/report_Mixture%20toxicity.pdf)>. Acesso em: 03 jun 2013.

FOUNDRIES INDUSTRY ADVISORY COMMITTEE. **The selection, use and maintenance of molten metal protective clothing**. [S.l.]: FOUNDRIES

INDUSTRY ADVISORY COMMITTEE Books, 1996. Disponível em:

<<http://www.hse.gov.uk/pubns/priced/molten-metal-ppe.pdf>>. Acesso em 17 mai. 2013.

FUNDACENTRO. **NHO 08**: coleta de material particulado sólido suspenso no ar de ambientes de trabalho: procedimento técnico. São Paulo, 2009. Disponível em: <[http://www.fundacentro.gov.br/dominios/SES/anexos/NHO08\\_portal.pdf](http://www.fundacentro.gov.br/dominios/SES/anexos/NHO08_portal.pdf)>. Acesso em: 10 abr. 2013.

\_\_\_\_\_. **Relação de médicos qualificados e certificados que realizaram os cursos de leitura radiológica de pneumoconioses a partir de 1994 – nota explicativa**. São Paulo, 2013a. Disponível em:

<<http://www.fundacentro.gov.br/conteudo.asp?D=SES&C=1496&menuAberto=1489>>. Acesso em 03 abr. 2013.

\_\_\_\_\_. **Sílica e PNES**. São Paulo, 2013b. Disponível em:

<<http://www.fundacentro.gov.br/index.asp?D=SES>>. Acesso em 03 abr. 2013.

GABAS, G. H. C. **Análise crítica dos critérios de seleção de respiradores para particulados em ambientes de mineração**. 2008. 107f. Dissertação (Mestrado em Engenharia)–Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. Disponível em:

<<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3134/tde-26092008-101149/pt-br.php>>. Acesso em 22 mai. 2013.

GIAMPAOLI, E.; SAAD, I. **NR-15: histórico da elaboração e análise crítica** [Power Pont]. In: SEMINÁRIO DE PESQUISA DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DA FUNDACENTRO: trabalho, saúde e meio ambiente. São Paulo, 2011. Disponível em:

<<http://www.fundacentro.gov.br/sistemas/EventoPortal/AnexoPalestraEvento/NR-15%20->

[%20P%3%93S%20GRADUA%3%87%3%83O%20FUNDACENTRO%20-%20%202011%20\(26-09-2011\).pdf](http://www.fundacentro.gov.br/sistemas/EventoPortal/AnexoPalestraEvento/NR-15%20-%20P%3%93S%20GRADUA%3%87%3%83O%20FUNDACENTRO%20-%20%202011%20(26-09-2011).pdf)>. Acesso em: 30 jan. 2013.

GOELZER, B. I. F. **Substituição como medida de prevenção e controle de riscos ocupacionais**. [S.l.: s.n.], 2002. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsast/p/fulltext/riscos/riscos.pdf>>. Acesso em: 18 abr. 13.

GOYA, B. F. A.; MANSANO, S. R. V. Lacunas entre o trabalho prescrito e o trabalho real: uma análise crítica sobre a formação e atuação do administrador de empresas. **Revista Economia & Gestão**, Belo Horizonte, v. 12, n. 30, p. 64-78, set./dez. 2012. Disponível em: <<http://periodicos.pucminas.br/index.php/economiaegestao/article/view/P.1984-6606.2012v12n30p64/4708>>. Acesso em: 11 abr. 2013.

HANSEN, E. S. A cohort mortality study of foundry workers. **American Journal of Industrial Medicine**, New York, v. 32, n. 3, p. 223-233, Sep. 1997.

HERBER, R. F. M. et al. Risk assessment for occupational exposure to chemicals: a review of current methodology (IUPAC Technical Report). **Pure and Applied Chemistry**, North Carolina, v. 73, n. 6, p. 993-1031, 2001. Disponível em: <<http://pac.iupac.org/publications/pac/pdf/2001/pdf/7306x0993.pdf>>. Acesso em: 07 mai. 2013.

HOLTZER, M.; DANKO, J.; DANKO, R. Possibilities of formation of dioxins and furans in metallurgical process as well as methods of their reduction. **Metalurgija**, Zagreb, v. 46, n. 4, p. 285-290, 2007. Disponível em: <<http://projects.itn.pt/Dioxinas/12.pdf>>. Acesso em: 11 abr. 2013.

HOLTZER, M.; DANKO, R.; ZYMANKOWSKA-KUMON. Foundry industry: current state and future development. **Metalurgija**, Zagreb, v. 51, n. 3, p. 337-340, 2012. Disponível em: <[http://public.carnet.hr/metalurg/Metalurgija/2012\\_vol\\_51/No\\_3/MET\\_51\\_3\\_337-340\\_Holtzer.pdf](http://public.carnet.hr/metalurg/Metalurgija/2012_vol_51/No_3/MET_51_3_337-340_Holtzer.pdf)>. Acesso em: 11 abr. 2013.

HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE. **Assessment of the potential for isocyanic acid and other monoisocyanates to cause respiratory irritation and sensitization: annex 2**. [S.l.: s.n.], 2008. Disponível em: <[www.hse.gov.uk/aboutus/meetings/iacs/acts/watch/170608/p4ann2.pdf](http://www.hse.gov.uk/aboutus/meetings/iacs/acts/watch/170608/p4ann2.pdf)>. Acesso em: 5 mar. 2013.

\_\_\_\_\_. **Biological monitoring in the workplace**: a guide to its practical application to chemical exposure. [Sudbury, UK]: HSE Books, 1997a. Disponível em: <<http://www.hse.gov.uk/pubns/priced/hsg167.pdf>>. Acesso em: 02 abr. 2013

\_\_\_\_\_. **Controlling airborne contaminants at work**: a guide to local exhaust ventilation (LEV). 2. ed. [Sudbury, UK]: HSE Books, 2011. Disponível em: <<http://www.hse.gov.uk/pubns/priced/hsg258.pdf>>. Acesso em: 4 mar. 2013.

\_\_\_\_\_. **COSHH Essentials**: easy steps to control health risks from chemicals. [London, 201-?a]. Disponível em: <<http://www.hse.gov.uk/coshh/essentials/index.htm>>. Acesso em: 24 mai. 2013.

\_\_\_\_\_. **FD COSHH Essentials in foundries: silica.** [London, [201-?b]. Disponível em: <<http://www.hse.gov.uk/pubns/guidance/fdseries.htm>>. Acesso em: 24 mai. 2013.

\_\_\_\_\_. **Successful health and safety management.** [Sudbury, UK]: HSE Books, 1997b. Disponível em: <<http://www.hse.gov.uk/pubns/priced/hsg65.pdf>> . Acesso em: 13 ago. 2012.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER. **Agents classified by the IARC monographs.** Lyon, 2013. v. 1-108. Disponível em: <<http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/ClassificationsGroupOrder.pdf>>. Acesso em: 11 jun. 2013.

\_\_\_\_\_. Occupational exposure during iron and steel founding. In: \_\_\_\_\_. **A review of human carcinogens: chemical agents and related occupations.** Lyon, 2012a. p. 497-507. v. 100F. (IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans). Disponível em: <<http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol100F/mono100F.pdf>>. Acesso em: 5 mar. 2013.

\_\_\_\_\_. Silica dust, crystalline, in the form of quartz or cristobalite. In: \_\_\_\_\_. **A review of human carcinogens: arsenic, metals, fibres, and dusts.** Lyon, 2012b. p. 355-405. v. 100C. (IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans). Disponível em: <<http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol100C/mono100C-14.pdf>>. Acesso em: 5 mar. 2013.

IGNACIO, J.; BULLOCK, W. H. (Ed.). **A strategy for assessing and managing occupational exposures.** 3. ed. Fairfax: ACGIH, 2006.

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER et al. **Diretrizes para vigilância do câncer relacionado ao trabalho.** Rio de Janeiro: Inca, 2012. Disponível em: <[www1.inca.gov.br/inca/Arquivos/diretrizes\\_cancer\\_ocupa.pdf](http://www1.inca.gov.br/inca/Arquivos/diretrizes_cancer_ocupa.pdf)>. Acesso em 5 mar. 2013.

INTERNATIONAL LABOR OFFICE. **International Chemical Control Toolkit: draft guidelines.** [Geneva, 2009?]. Disponível em: <[http://www.ilo.org/legacy/english/protection/safework/ctrl\\_banding/toolkit/icct/guide.pdf](http://www.ilo.org/legacy/english/protection/safework/ctrl_banding/toolkit/icct/guide.pdf)>. Acesso em: 05 abr. 2013.

\_\_\_\_\_. **Guidelines for the use of the international classification of radiographs of pneumoconiosis.** Geneva, 2011. v. 22. (Occupational Safety and Health Series). Disponível em: <[http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed\\_protect/---protrav/---safework/documents/publication/wcms\\_168260.pdf](http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/publication/wcms_168260.pdf)>. Acesso em: 22 mai. 2013.

\_\_\_\_\_. **The prevention of occupational diseases: world day for safety and health at work 28 April 2013.** Geneva, 2013. Disponível em: <[http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed\\_protect/---protrav/---safework/documents/publication/wcms\\_208226.pdf](http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/publication/wcms_208226.pdf)>. Acesso em: 06 mai. 2013.

INTERNATIONAL OCCUPATIONAL HYGIENE ASSOCIATION. **About IOHA:** Frequently asked question – FAQ's. Derby, UK, 2009. Disponível em: <<http://dev2.u4iacreative.co.uk/faqs.html#one>>. Acesso em: 11 mai. 2013.

JÄRVINEN, P. et al. Effects of experimental exposure to triethylamine on vision and the eye. **Occupational and Environmental Medicine**, London, v. 56, n. 1, p. 1-5, Jan. 1999. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1757653/pdf/v056p00001.pdf>>. Acesso em: 5 abr. 2013.

KNECHT, U.; ELLIEHAUSEN, H.; WOITOWITZ, H. Gaseous and adsorbed PAH in an iron foundry. **British Journal of Industrial Medicine**, London, v. 43, n. 12, p. 834-838, Dec.1986. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1007764/pdf/brjindmed00176-0042.pdf>>. Acesso em: 11 abr. 2013.

KOSKELA, R. S. et al. A mortality study of foundry workers. **Scandinavian Journal of Work, Environment & Health**, Helsinki, v. 2, Supplement 1, p. 73-89, 1976.

KULMALA, I. et al. Local ventilation solution for large, warm emission sources. **The Annals of Occupational Hygiene**, Oxford, v. 51, n. 1, p. 35-43, Jan. 2007.

KUNO, R.; ROQUETTI, M. H.; UMBUZEIRO, G. A. Indicadores biológicos de exposição: ocupacional x ambiental. **Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente**, São Paulo, v. 4, n. 1, artigo 5, abr./ago. 2009. Disponível em: <<http://www.revistas.sp.senac.br/index.php/ITF/article/viewFile/27/57>>. Acesso em: 02 mai. 2013.

LEE, K. OSHA compliance issues: benzene and crystalline silica exposures in a grey iron foundry. **Journal of Occupational and Environmental Hygiene**, v. 6, n. 5, p. D15-D17, May. 2009.

LEIDEL, N. A.; BUSCH, K. A.; LYNCH, J. R. **Occupational exposure sampling strategy manual**. Cincinnati: NIOSH, 1977. Disponível em: <<http://www.cdc.gov/niosh/docs/77-173/pdfs/77-173.pdf>>. Acesso em: 11 abr. 2013.

LILJELIND, I. et al. Dermal and inhalation exposure to methylene bisphenyl isocyanate (MDI) in iron foundry workers. **The Annals of Occupational Hygiene**, Oxford, v. 54, n. 1, p. 31-40, 2010.

LIMA, M. M. T. M.; CAMARINI, G. Método de determinação da sílica livre cristalina na poeira dos processos de fabricação de revestimentos cerâmicos. **Cerâmica Industrial**, São Paulo, v. 11, n. 4, p. 21-27, jul./ago. 2006. Disponível em: <<http://www.fundacentro.gov.br/dominios/SES/anexos/v11n4a04.pdf>>. Acesso em: 11 abr. 2013.

LIU, H. H. et al. Risk assessment of gaseous/particulate phase PAH exposure in foundry industry. **Journal of Hazardous Materials**, Amsterdam, v. 181, n. 1-3, p. 105-111, Sep. 2010.

LOPES, W. A.; ANDRADE J. B. Fontes, formação, reatividade e quantificação de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) na atmosfera. **Química Nova**, São Paulo, v. 19, n. 5, p. 497-516, 1996. Disponível em: <[http://quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/1996/vol19n5/v19\\_n5\\_09.pdf](http://quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/1996/vol19n5/v19_n5_09.pdf)>. Acesso em: 12 abr. 2013.

LOURENÇO, N. M. O. **Enxertos de metal duro em ligas ferrosas**. 2006. xxvii, 68 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais)–Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2006. Disponível em: <<http://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/12273/2/Texto%20integral.pdf>>. Acesso em: 12 abr. 2013.

LV, P. et al. Estimation and characterization of PCDD/Fs and dioxin-like PCBs from Chinese iron foundries. **Chemosphere**, Oxford, v. 82, n. 5, p.759-763, Jan. 2011.

MALCHAIRE, J. **Estratégia Sobane de gestão de riscos profissionais**. [2009] Disponível em: <[http://www.deparisnet.be/sobane/pt/Estrategia\\_SOANE\\_Port\\_8-4-09.pdf](http://www.deparisnet.be/sobane/pt/Estrategia_SOANE_Port_8-4-09.pdf)>. Acesso em: 10 abr. 2013.

MAMEDE FILHO, J. **Instalações elétricas industriais**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

MARQUART, H. et al. ‘Stoffenmanager’, a web-based control banding tool using an exposure process model. **The Annals of Occupational Hygiene**, Oxford, v. 52, n. 6, p. 429-441, Jun. 2008.

MEDEIROS, M. **História da fundição**. São Paulo: Magma Cultural, 2009.

MINISTÉRIO DA PREVIDÊNCIA SOCIAL; INSTITUTO NACIONAL DO SEGURO SOCIAL; EMPRESA DE TECNOLOGIA E INFORMAÇÕES DA PREVIDÊNCIA SOCIAL. **Anuário estatístico da previdência social: AEPS 2011**. Brasília, 2012. v. 20. Disponível em: <[http://www.mpas.gov.br/arquivos/office/1\\_121023-162858-947.pdf](http://www.mpas.gov.br/arquivos/office/1_121023-162858-947.pdf)>. Acesso em: 06 mai. 2013.

MIRANDA, C. R.; DIAS, C. R. PPRA/PCMSO: auditoria, inspeção do trabalho e controle social. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 1, p. 224-232, jan./fev. 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/csp/v20n1/39.pdf>>. Acesso em: 12 abr. 2013.

MODERN CASTING STAFF. **45<sup>th</sup> Census of World Casting Production**. Schaumburg, v. 101, n. 12, p. 16-19, Dec. 2011. Disponível em: <<http://content.yudu.com/A1uut9/ModernCastingDec2011/resources/index.htm>>. Acesso em: 13 abr. 2013.

MONTICELLI, A. C. **A competitividade da indústria brasileira de fundição**. 1994. 92 f. Dissertação (Mestrado em Economia)–Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1994. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/zeus/auth.php?back=http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000075962&go=x&code=x&unit=x>>. Acesso em: 22 abr. 2013.

MORO, N.; AURAS, A. P. **Processos de fabricação**: fundição. Florianópolis: CEFET-SC, 2007. Disponível em: <<http://www.norbertocefetsc.pro.br/fundicao.pdf>>. Acesso em: 20 fev. 2013.

MORONI, B.; VITI, C.; CAPPELLETTI, D. Exposure vs toxicity levels of airborne quartz, metal and carbon particles in cast iron foundries. **Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology**, Feb. 2013.

MOULIN, J. J. et al. Mortality from lung cancer and cardiovascular diseases among stainless-steel producing workers. **Cancer Causes and Control**, Dordrecht, v. 4, n. 2, p. 75-81, Mar. 1993.

NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH. **Control banding**. [S.l., 2012]. Disponível em: <<http://www.cdc.gov/niosh/topics/ctrlbanding/>>. Acesso em: 08 abr. 2013.

\_\_\_\_\_. **Criteria for a recommended standard**: occupational exposure to Hexavalent Chromium. [S.l.], 2013. Disponível em: <[http://www.cdc.gov/niosh/docs/2013-128/pdfs/2013\\_128.pdf](http://www.cdc.gov/niosh/docs/2013-128/pdfs/2013_128.pdf)>. Acesso em: 23 abr. 13.

\_\_\_\_\_. **Documentation for immediately dangerous to life and health concentrations**. [S.l.], 1995. Disponível em: <<http://www.cdc.gov/niosh/idlh/intridl4.html>>. Acesso em: 15 abr. 13.

\_\_\_\_\_. **Manual of analytical methods**. [S.l., 2003?]. Disponível em: <<http://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/>>. Acesso em: 29 mai. 2013.

\_\_\_\_\_. Polynuclear aromatic hydrocarbons by HPLC, method 5506. In: \_\_\_\_\_. **Manual of analytical methods**. 4 ed. [S.l.], 1994b. Disponível em: <<http://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/pdfs/5506.pdf>>. Acesso em: 29 mai. 2013.

\_\_\_\_\_. Polynuclear aromatic hydrocarbons by GC, method 5515. In: \_\_\_\_\_. **Manual of analytical methods**. 4. ed. [S.l.], 1994a. Disponível em: <<http://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/pdfs/5515.pdf>>. Acesso em: 29 mai. 2013.

\_\_\_\_\_. **Silicosis**: mortality. [S.l.], 2008. Disponível em: <<http://www2a.cdc.gov/drds/WorldReportData/FigureTableDetails.asp?FigureTableID=540>>. Acesso em: 12 mar. 2013.

NAVY AND MARINE CORPS PUBLIC HEALTH CENTER. **Industrial hygiene sampling guide for comprehensive industrial hygiene laboratories (CIHLs)**. Portsmouth, 2009. Disponível em: <[http://www.public.navy.mil/surfor/Documents/6290\\_00\\_NMCPHC\\_TM\\_IH.pdf](http://www.public.navy.mil/surfor/Documents/6290_00_NMCPHC_TM_IH.pdf)>. Acesso em: 31 mai. 2013.

OJIMA, J. Determining of crystalline silica in respirable dust samples by infrared spectrophotometry in the presence of interferences. **Journal of Occupational Health**, Japan, v. 45, n. 2, p. 94-103, Mar. 2003. Disponível em:

<[https://www.jstage.jst.go.jp/article/joh/45/2/45\\_2\\_94/\\_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/joh/45/2/45_2_94/_pdf)>. Acesso em: 22 mai. 2013.

OLIVA-TELES, M. T. et al. Evaluation of formaldehyde in foundry waste sands using liquid chromatography. **Analytical Letters**, v. 42, n. 3, p. 494-504, Mar. 2009.

OLIVEIRA, S. G. **Proteção jurídica à saúde do trabalhador**. 2. ed. São Paulo: Ltr, 1998.

OMLAND, O. et al. Exposure of iron foundry workers to polycyclic aromatic hydrocarbons: benzo(a)pyrene-albumin adducts and 1-hydroxypyrene as biomarkers for exposure. **Occupational and Environmental Medicine**, London, v. 51, n. 8, p. 513-518, Aug.1994.

PARKER, G. (Ed.). **Atlas da história do mundo**. São Paulo: Folha de São Paulo, 1995.

PATNAIK, P. **Guia geral**: propriedades nocivas das substâncias químicas. 2. ed. Belo Horizonte: Ergo, 2011. v. 2.

PAVANATI, H. C. **Pavanati web site**. [Santa Catarina: 2013?]. Disponível em: <[www.pavanati.dominiotemporario.com](http://www.pavanati.dominiotemporario.com)>. Acesso em: 24 mar. 2013.

PEDROZA, A. C.; RODRIGUES, A. S.; SOUSA, C. F. Limites de exposição ocupacional: um estudo comparativo entre valores aplicados no Brasil e nos EUA. **Revinter**: revista intertox de toxicologia, risco ambiental e sociedade, São Paulo, v. 4, n. 3, p. 19-29, out. 2011. Disponível em: <<http://revinter.intertox.com.br/phocadownload/Revinter/v4n3/rev-v04-n03-02.pdf>>. Acesso em: 22 abr. 2013.

PEIXE, T. S.; NASCIMENTO, E. de S. Análise de fenol em amostras de urina de trabalhadores e no ar de fundição de metais. **Revista Brasileira de Toxicologia**, São Paulo, v. 21, n. 2, p. 60-69, 2008. Disponível em: <<http://iah.iec.pa.gov.br/iah/fulltext/lilacs/revbrastoxicol/2008v21n2/revbrastoxicol2008v21n2p60-69.pdf>>. Acesso em: 22 abr. 2013.

PEIXOTO, F. **Regeneração térmica de areia ligada quimicamente**. 2003. 135 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais e Processos Avançados)– Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, 2003. Disponível em: <[http://www.tede.udesc.br/tde\\_busca/arquivo.php?codArquivo=8](http://www.tede.udesc.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=8)>. Acesso em: 22 abr. 2013.

PEREIRA, A. D. **Tratado de segurança e saúde ocupacional**: aspectos técnicos e jurídicos. São Paulo: LTr, 2005. v. 2.

PINTO, T. C. N. O. **Sistema de gestão de saúde e segurança no trabalho**: um estudo de caso em usinas de reciclagem de entulho de regiões metropolitanas. 2005. 138 f. Dissertação (Mestrado em Sistema Integrado de Gestão)–Centro Universitário Senac, São Paulo, 2005. Disponível em:

<[http://www.fundacentro.gov.br/dominios/ctn/anexos/AcervoDigital/dissert.Nathan-  
gest%C3%A3o\\_reciclagem\\_entulho.pdf](http://www.fundacentro.gov.br/dominios/ctn/anexos/AcervoDigital/dissert.Nathan-<br/>gest%C3%A3o_reciclagem_entulho.pdf)>. Acesso em: 22 abr. 2013.

PREUSS, R. et al. Current external and internal exposure to naphthalene of workers occupationally exposed to polycyclic aromatic hydrocarbons in different industries. **International Archives of Occupational and Environmental Health**, Berlin, v. 78, n. 5, p. 355-362, Jun. 2005.

RAPPAPORT, S. M.; KROMHOUT, H.; SYMANSKI, E. Variation of exposure between workers in homogeneous exposure groups. **American Industrial Hygiene Association Journal**, v. 54, n. 11, p. 654-662, Nov. 1993.

REARDON, A. C. (Ed.). **Metallurgy for the non-metallurgist**. Ohio: ASM International, 2011.

REBELO, P. A. P. **Avaliação da exposição ocupacional, em laboratórios, de múltiplos agentes químicos, por longo período e em baixas concentrações**. 2007. 194 f. Tese (Doutorado em Ciências)–Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em: <[http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/9/9141/tde-29032009-114339/publico/Tese\\_Rebelo\\_final.pdf](http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/9/9141/tde-29032009-114339/publico/Tese_Rebelo_final.pdf)>. Acesso em: 22 abr. 2013.

REILLY, M. J. et al. Ocular effects of exposure to triethylamine in the sand core cold box of a foundry. **Occupational and Environmental Medicine**, London, v. 52, n. 5, p. 337-343, May, 1995. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1128227/pdf/oenvmed00065-0049.pdf>>. Acesso em: 22 abr. 2013.

RIBEIRO, F. A. L. et al. Planilha de validação: uma nova ferramenta para estimar figuras de mérito na validação de métodos analíticos univariados. **Química Nova**, São Paulo, v. 31, n. 1, p. 164-171, 2008a. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v31n1/a29v31n1.pdf>>. Acesso em: 29 mai. 2013.

RIBEIRO, F. S. N. et al. Exposição ocupacional à sílica no Brasil no ano de 2001. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, São Paulo, v. 11, n. 1, p. 89-96, mar. 2008b. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbepid/v11n1/08.pdf>>. Acesso em: 22 abr. 2013.

RIBEIRO, M. G.; PEDREIRA FILHO, W. dos R; RIEDERER. **Avaliação qualitativa de riscos químicos**: princípios básicos para o controle das substâncias nocivas à saúde em fundições. São Paulo: Fundacentro, 2007. Disponível em: <[http://www.fundacentro.gov.br/dominios/CTN/anexos/ManualRiscosQuimicos\\_Fundi%C3%A7%C3%A3oWeb.pdf](http://www.fundacentro.gov.br/dominios/CTN/anexos/ManualRiscosQuimicos_Fundi%C3%A7%C3%A3oWeb.pdf)>. Acesso em: 10 abr. 2013.

RIO DE JANEIRO (Estado). Lei nº 5.732, de 27 de maio de 2010. Dispõe sobre a responsabilidade das empresas pela lavagem dos uniformes usados por seus empregados no Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 28 maio 2010. Disponível em: <<http://alerjln1.alerj.rj.gov.br/CONTLEI.NSF/b24a2da5a077847c032564f4005d4bf2/071d1f3e4f04537e83257731007075ec?OpenDocument>>. Acesso em: 5 jul. 2013.



RIO GRANDE DO SUL. Lei nº 13.892, de 2 de janeiro de 2012. Dispõe sobre a responsabilidade das empresas pela higienização dos uniformes usados por seus empregados no Estado do Rio Grande do Sul. **Diário Oficial do Estado**, Rio Grande do Sul, 03 jan. 2012. Disponível em:

<[http://www.al.rs.gov.br/legis/M010/M0100099.ASP?Hid\\_Tipo=TEXT0&Hid\\_TodasNormas=57216&hTexto=&Hid\\_IDNorma=57216](http://www.al.rs.gov.br/legis/M010/M0100099.ASP?Hid_Tipo=TEXT0&Hid_TodasNormas=57216&hTexto=&Hid_IDNorma=57216)>. Acesso em: 5 jul. 2013.

ROACH, S. A.; RAPPAPORT, S. M. But they are not thresholds: a critical analysis of the documentation of Thresholds Limit Values. **American Journal of Industrial Medicine**, New York, v. 17, n. 6, p. 727-753, 1990. Disponível em:

<<http://www.chemicalinjury.net/PDF2/5%20%20But%20They%20Are%20Not%20Thresholds.pdf>>. Acesso em: 22 abr. 2013.

ROCHA, L. A. R. **PCMSO**: teoria e prática. São Paulo: Ltr, 2011.

ROSE, V. E.; COHRSSSEN, B. (Ed.). **Patty's Industrial Hygiene**: The history and biological basis of occupational exposure limits for chemical agents. 6. ed. John Wiley & Sons, Feb. 2011. Disponível em:

<[ftp://ftp.cdc.gov/pub/Documents/OEL/12.%20Niemeier/References/Paustenbach\\_2011\\_Patt's%20Ind%20Hyg.pdf](ftp://ftp.cdc.gov/pub/Documents/OEL/12.%20Niemeier/References/Paustenbach_2011_Patt's%20Ind%20Hyg.pdf)>. Acesso em: 15 mai. 2013.

ROSENMAN, K. D. et al. Silicosis among foundry workers: implication for the need to revise the OSHA standard. **American Journal of Epidemiology**, Baltimore, v. 144, n. 9, p. 890-900, Nov. 1996. Disponível em:

<<http://aje.oxfordjournals.org/content/144/9/890.full.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2013.

ROXO, M. M. **Segurança e saúde do trabalho**: avaliação e controlo de riscos. 2. ed. Coimbra: Almedina, 2004.

SAFE WORK AUSTRALIA. **Guide to managing risks associated with foundry work**. Austrália, 2013. Disponível em:

<<http://www.safeworkaustralia.gov.au/sites/SWA/about/Publications/Documents/770/Guide-Managing-Risks-Associated-Foundry-Workl.pdf>>. Acesso em: 17 abr. 13.

SANTOS, A. M. A. **O tamanho das partículas de poeira suspensas no ar dos ambientes de trabalho**. São Paulo: Fundacentro, 2001. Disponível em:

<<http://www.fundacentro.gov.br/dominios/CTN/anexos/Publicacao/Part%C3%ADculas%20de%20Poeira%20Suspensas%20no%20Ar%20dos%20Ambientes%20de%20Trabalho.pdf>>. Acesso em: 22 mai. 2013.

SÃO PAULO (Estado). Lei nº 12.252, de 9 de fevereiro de 2006. Dispõe sobre a responsabilidade das empresas pela lavagem dos uniformes usados por seus empregados no Estado de São Paulo. São Paulo, 09 fev. 2009. Disponível em:

<<http://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2006/lei%20n.12.254,%20de%2009.02.2006.htm>>. Acesso em: 5 jul. 2013.

SCHOLZ, R. **Control of silica exposure in foundries**. Illinois: American Foundry Society, 2007. Disponível em:

<[http://prod.afsinc.rd.net/files/silica\\_book\\_no%20copyright.pdf](http://prod.afsinc.rd.net/files/silica_book_no%20copyright.pdf)>. Acesso em: 4 mar. 2013.

SILVA, J. A. **Avaliação da concentração de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos e de elementos traços em uma indústria de fundição de metais ferrosos**. 2010. 172 f. Tese (Doutorado em Ciências)–Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<http://www.fundacentro.gov.br/dominios/ctn/anexos/AcervoDigital/teseJoaoApolinario-HPA.pdf>>. Acesso em: 22 abr. 2013.

SMITH, D. L.; BOLYARD, M. L.; ELLER, P.M. Quality assurance. In: NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH. **Manual of analytical methods**. 4 ed. [S.l.], 1998. Disponível em: <<http://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/chaps.html>>. Acesso em: 29 mai. 2013.

SOARES, G. A. **Fundição**: mercado, processos e metalurgia. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2000.

SROGI, K. Monitoring of environmental exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons: a review. **Environmental Chemistry Letters**, Secaucus, v. 5, n. 4, p. 169-195, 2007. Disponível em: <<http://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs10311-007-0095-0.pdf>>. Acesso em: 22 abr. 2013.

TARLAU, E. S. Industrial hygiene with no limits. **American Industrial Hygiene Association Journal**, Baltimore, v. 51, n.1, p. A9-A10, 1990.

TIEDJE, N. et al. Emission of organic compounds from mould and core binders used for casting iron, aluminium and bronze in sand moulds. **Journal of Environmental Science and Health**: part A, Philadelphia, v. 45, n. 14, p. 1866-1876, Dec. 2010.

TOLA, S. et al. Lung cancer mortality among iron foundry workers. **Journal of Occupational and Environmental Medicine**, Philadelphia, v. 21, n. 11, p. 753-760, Nov. 1979.

TORLONI, M. (Coord.). **Programa de proteção respiratória: recomendações, seleção e uso de respiradores**. São Paulo: Fundacentro, 2002. Disponível em: <<http://www.fundacentro.gov.br/dominios/SES/anexos/programadeprotecaorespiratoria.pdf>>. Acesso em: 22 mai. 2013.

TORLONI, M.; VIEIRA, A. V. **Manual de Proteção Respiratória**. São Paulo: ABHO, 2003.

TOSSAVAINEN, A. Metal fumes in foundries. **Scandinavian Journal of Work, Environment & Health**, Helsinki, v. 2, p. 42-49, 1976. Supplement 1.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Standardized toolkit for identification and quantification of dioxin and furan releases**. 2.1 ed. Geneva, 2005. Disponível em: <[www.chem.unep.ch/pops/pccd\\_activities/toolkit/Toolkit%20201%20version/Toolkit-2005\\_2-1\\_en.pdf](http://www.chem.unep.ch/pops/pccd_activities/toolkit/Toolkit%20201%20version/Toolkit-2005_2-1_en.pdf)>. Acesso em: 5 mar. 2013.

UNIÃO PROTETORA DO AMBIENTE NATURAL. **Portal das dioxinas e furanos**. [S.l.]: [2006?]. Disponível em: <<http://dioxinas.upan.org.br/index.htm>>. Acesso em: 17 jan. 2013.

VASCONCELOS, F. D. Uma visão crítica do uso de padrões de exposição na vigilância da saúde no trabalho. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 4, p. 588-599, out./dez. 1995. Disponível em: <<http://www.scielosp.org/pdf/csp/v11n4/v11n4a06.pdf>> Acesso em: 22 abr. 2013.

WALTERS, D.; GRODZKI, K.; WALTERS, S. **The role of occupational exposure limits in the health and safety systems of EU Member States**. London: HSE Books, 2003. Disponível em: <<http://www.hse.gov.uk/research/rrpdf/rr172.pdf>>. Acesso em: 4 mar. 2013.

WANG, L. et al. Polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans and their association with cancer mortality among workers in one automobile foundry factory. **The Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 443, p. 104-111, Jan. 2013.

WESTBERG, H. et al. Exposure to low molecular weight isocyanates and formaldehyde in foundries using hot box core binders. **The Annals of Occupational Hygiene**, Oxford, v. 49, n. 8, p. 719-725, Nov. 2005. Disponível em: <<http://annhyg.oxfordjournals.org/content/49/8/719.full.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2013.

WESTBERG, H. et al. Cancer morbidity and quartz exposure in Swedish iron foundries. **International Archives of Occupational and Environmental Health**, Berlin, v. 86, n. 5, p. 499-507, July 2012. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007/s00420-012-0782-4#>>. Acesso em: 5 mar. 2013.

WORKCOVER NSW. **Risk management at work: guide 2011**. Lisarow: NSW, 2011. Disponível em: <[www.workcover.nsw.gov.au/formspublications/publications/Pages/WC00425\\_RiskManagementatWorkGuide.aspx](http://www.workcover.nsw.gov.au/formspublications/publications/Pages/WC00425_RiskManagementatWorkGuide.aspx)>. Acesso em: 4 mar. 2013.

WORKPLACE HEALTH AND SAFETY QUEENSLAND. **Foundry: code of practice 2004**. Queensland: Queensland Government, 2011. Disponível em: <<http://www.deir.qld.gov.au/workplace/resources/pdfs/foundry-cop-2004.pdf>>. Acesso em: 11 mar. 2013.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Dioxins and their effects on human health**. Fact sheet nº 225. [Geneva], May. 2010. Disponível em: <<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs225/en/>>. Acesso em 8 jul. 2013.

\_\_\_\_\_. Practical tools for managing risk at workplace. **GOHNET Newsletter**, n. 16, [2009]. Disponível em: <[http://www.who.int/occupational\\_health/gohnet\\_newsletter\\_16.pdf](http://www.who.int/occupational_health/gohnet_newsletter_16.pdf)>. Acesso em 10 abr. 2013.

YANG, H. H. et al. Profiles of PAH emission from steel and iron industries. **Chemosphere**, Oxford, v. 48, n. 10, p. 1061-1074, Sep. 2002.

YASSIN, A.; YEBESI, F.; TINGLE, R. Occupational exposure to crystalline silica dust in the United States, 1988-2003. **Environmental Health Perspectives**, Research Triangle Park, NC, v. 113, n. 3, p. 225-260, Mar. 2005.

YOSHIDA, T. et al. Visual disturbances among workers exposed to triethylamine in a foundry in Japan. **Journal of Occupational Health**, Tokyo, v. 43, n. 4, p.199-200, 2001. Disponível em:  
<[http://ci.nii.ac.jp/els/110003723156.pdf?id=ART0004872465&type=pdf&lang=en&host=cinii&order\\_no=&ppv\\_type=0&lang\\_sw=&no=1371214947&cp=>](http://ci.nii.ac.jp/els/110003723156.pdf?id=ART0004872465&type=pdf&lang=en&host=cinii&order_no=&ppv_type=0&lang_sw=&no=1371214947&cp=>)>. Acesso em: 14 jun. 2013.

ZALK, D. M.; HEUSSEN, G. H. Banding the world together; the global growth of control banding and qualitative occupational risk management. **Safety and Health at Work**, v. 2, n. 4, p. 375-379, Dec. 2011. Disponível em:  
<<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3430910/pdf/shaw-2-375.pdf>>. Acesso em: 22 mai. 2013.

ZALK, D. M.; NELSON, D. I. History and evaluation of Control Banding: a review. **Journal of Occupational and Environmental Hygiene**, v. 5, n. 5, p. 330-346, May. 2008.

ZHANG, M. et al. Silicosis in automotive foundry workers: a 29-year cohort study. **Biomedical and Environmental Sciences**, Beijing, v. 23, n. 2, p. 121-129, Apr. 2010.

## **Anexos**

## **Anexo A: Proposta de conteúdo mínimo de um programa de gestão de riscos químicos em fundição de ferrosos**

As referidas ineficiências no processo de gestão de risco estão, em parte, associadas à inobservância de preceitos legais por parte dos representantes das fundições pesquisadas. Por outro lado, a legislação brasileira, no que tange à higiene ocupacional, carece de atualizações, como no caso dos limites de exposição ocupacionais, e de aprofundamento em alguns temas, como a necessidade de definição normativa de critérios que garantam confiabilidade estatística das avaliações quantitativas.

Diante do exposto, sugere-se uma proposta de gestão de riscos químicos em fundição de metais ferrosos em três abordagens descritas a seguir.

### **A1. Abordagem qualitativa**

Nesta etapa, é fundamental que se constitua um grupo formado por profissionais de SST e trabalhadores que conheçam detalhadamente o processo produtivo e as principais características das substâncias químicas empregadas.

Posteriormente, devem-se esquematizar as etapas do processo produtivo e apresentar uma planta baixa do ambiente fabril em que se identifiquem os setores da indústria. A adoção dessas medidas permite uma compreensão abrangente das atividades desenvolvidas na fundição para qualquer perfil de profissionais que analisem a gestão de riscos químicos da indústria.

Então, parte-se para uma descrição detalhada do processo produtivo e respectiva identificação dos produtos e subprodutos potencialmente presentes no ambiente de trabalho. Nesta fase, descreve-se como a atividade industrial é desenvolvida e quais produtos químicos são empregados.

Após o conhecimento detalhado do processo produtivo e das substâncias empregadas, profissionais tecnicamente capacitados, fundamentados em literatura técnica atualizada, identificam quais subprodutos podem eventualmente estar dispersos no ambiente de trabalho.

Reconhecidas as substâncias empregadas e os subprodutos potencialmente gerados no ambiente de trabalho, constitui-se um inventário de produtos químicos dividido por setores da fundição, conforme modelo apresentado no item 4.2.1. Esse documento não deve ser restrito às fichas de segurança devido a suas eventuais inadequações.

Após o inventário, o grupo de trabalho deve, em primeiro lugar, avaliar a real necessidade da utilização de substâncias tóxicas e eventualmente propor a eliminação delas. Outras medidas podem ser adotadas, como a substituição de agentes químicos por outros menos agressivos e a redefinição do *layout* da fundição para que os riscos não sejam socializados.

Nos programas de gestão de riscos químicos, devem constar as características técnicas das medidas de controle de engenharia e, quando for o caso, a identificação do profissional legalmente habilitado responsável pela elaboração do projeto. Além disso, devem ser detalhados os critérios e apresentado o cronograma de verificação da eficácia dessas medidas.

O desenvolvimento adequado dessa etapa qualitativa permite que o emprego de amostragens quantitativas fique restrito aos casos de incertezas quanto à magnitude do risco à saúde dos trabalhadores e à eventual verificação da eficácia das medidas de controle.

## A2. Abordagem quantitativa

Nos programas de SST, devem ser descritos e considerados, no mínimo, os seguintes critérios da estratégia de amostragem adotada pela fundição, com a respectiva citação da literatura técnica ou normativa que a fundamenta:

- a) definição dos grupos de exposição similar: deve ser justificada a composição dos GES pela análise do processo produtivo e o perfil de exposição dos trabalhadores apresentados na abordagem qualitativa, de acordo com critérios definidos na literatura técnica atualizada;

- b) seleção dos trabalhadores cuja exposição é avaliada: por se tratar da escolha de um grupo de trabalhadores que represente todos os expostos no ambiente fabril, devem ser utilizadas ferramentas estatísticas que garantam representatividade na escolha dos empregados que serão avaliados dentro de cada GES;
- c) segundo Rappaport, Kromhout e Symanski (1993), o método observacional para seleção dos GESs deve ser precedido de uma rigorosa investigação das tarefas específicas e das práticas de cada grupo de trabalhadores. Essas observações, portanto, requerem que os representantes de cada fundição invistam financeiramente a fim de que profissionais de SST tenham tempo suficiente para realizar as análises necessárias para avaliar o grupo de trabalhadores com perfis de exposição semelhantes;
- d) número de coletas: a quantidade de coletas das amostras de substâncias químicas, dentro de cada GES, deve ser suficiente para o tratamento estatístico dos dados;
- e) jornada de trabalho: os limites de exposição ocupacional devem ser ajustados ao real tempo de exposição a que os trabalhadores estejam efetivamente submetidos dentro de cada GES;
- f) amostragens de curta duração: as estratégias de amostragens devem ser específicas para substâncias químicas com potencial de causarem efeitos tóxicos agudos e que possuam limites STEL e valor-teto;
- g) misturas: devem ser considerados os efeitos aditivos, sinérgicos ou antagônicos da interação das substâncias químicas presentes no ambiente de trabalho quando da definição dos critérios de aceitabilidade do risco.

Além do detalhamento da estratégia de amostragem, a seleção do laboratório contratado para analisar as amostras de substâncias químicas coletadas no ambiente de trabalho deve ser criteriosa. É recomendável que a equipe responsável pela coleta das amostras de agentes químicos faça parte da empresa



contratada para análise laboratorial a fim de que se mantenha o mesmo padrão de qualidade durante todo o processo de avaliação.

### A3. Controle médico

O profissional responsável pela elaboração do PCMSO nas fundições de metais ferrosos deve analisar a descrição do processo produtivo e as informações toxicológicas disponíveis no inventário de substâncias químicas da indústria antes de iniciar as ações médicas necessárias ao desenvolvimento desse programa.

Ressalvados os dados protegidos por sigilo, recomenda-se que os programas de controle médico, dentro da gestão de riscos químicos em fundição, apresentem, no mínimo, as seguintes informações:

- a) resultado das ações de caráter preventivo, de rastreamento e de diagnóstico precoce dos agravos à saúde relacionados ao trabalho, como o controle do absenteísmo;
- b) substâncias químicas empregadas e subprodutos gerados no processo de trabalho que possuam indicador biológico de exposição e, quando possível, de efeito que possibilitem detectar problemas nos órgãos do corpo humano;
- c) credenciamento dos médicos responsáveis pela leitura e pela interpretação das telerradiografias de tórax de acordo com os critérios da OIT (INTERNATIONAL LABOR OFFICE, 2011);
- d) o relatório anual do PCMSO deve conter, no mínimo, as seguintes informações adicionais: natureza (ocupacional ou não) dos exames com resultados considerados anormais; medidas adotadas pelo médico coordenador do programa diante dos resultados insatisfatórios dos exames, com a eventual emissão de CAT e o encaminhamento de trabalhadores à previdência social; e descrição das medidas preventivas a serem adotadas no ano subsequente diante das constatações apresentadas no relatório.

## Anexo B: Termo de Autorização SEGUR/SRTE/SP



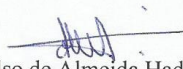
Serviço Público Federal  
Ministério do Trabalho e Emprego  
Superintendência Regional do Trabalho e Emprego de São Paulo  
Seção de Segurança e Saúde do Trabalhador- SEGUR

São Paulo, 10 de outubro de 2012.

### Termo de Autorização

Declaro que tenho ciência e autorizo o desenvolvimento, a coleta de dados e a utilização de dados dos sistemas da fiscalização do trabalho para o projeto de pesquisa “Análise da Gestão de Riscos Químicos em Indústrias de Fundição de Metais Ferrosos no Estado de São Paulo”, parte do programa de pós-graduação *stricto sensu* mestrado em “Trabalho, Saúde e Ambiente”, a ser desenvolvido por Anildo de Lima Passos Junior, Auditor-Fiscal do Trabalho, R.G. 37.891.531-9, SSP/SP, orientado pelo Dr. Carlos Sérgio da Silva, da FUNDACENTRO – Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho.

Os dados e informações deverão ser utilizados de modo a resguardar o sigilo das fiscalizações, não permitindo que sejam identificados de forma direta ou indireta os fiscalizados.

  
Celso de Almeida Haddad  
Chefe da SEGUR/SRTE/SP