

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
MESTRADO PROFISSIONALIZANTE EM ENGENHARIA**

**SILICOSE EM PROCESSOS DE FUNDIÇÃO DE PEÇAS
FRENTE À NOVA TECNOLOGIA**

Lamartine Diniz Barazzutti

Porto Alegre

2004

SILICOSE EM PROCESSOS DE FUNDIÇÃO DE PEÇAS FRENTE À NOVA TECNOLOGIA

Lamartine Diniz Barazzutti

Trabalho de Conclusão do Curso de Mestrado
Profissionalizante em Engenharia como requisito parcial à
obtenção do título de Mestre em Engenharia – modalidade
Profissionalizante – Ênfase Ergonomia

Orientador: Professor Fernando Gonçalves Amaral, Dr.

Porto Alegre, 2004

Este Trabalho de Conclusão foi analisado e julgado adequado para a obtenção do título de Mestre em Engenharia e aprovado em sua forma final pelo Orientador e pelo Coordenador do Mestrado Profissionalizante em Engenharia, Escola de Engenharia – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prof. Fernando Gonçalves Amaral, Dr.

Escola de Engenharia / UFRGS

Orientador

Prof^a. Helena Beatriz Bettella Cybis, Dra.

Coordenadora MP/Escola de

Engenharia/UFRGS

Banca Examinadora:

Paulo Antônio Barros de Oliveira, Dr.

Prof. PPGEF / UFRGS

César Antônio Leal, Ph.D.

Prof. DENUF / UFRGS

Ruben da Cunha Reis, Dr.

Prof. FENG PUCRS / RS

*Toda a sabedoria vem do senhor Deus e com
ele esteve sempre, e está antes de todos o
século.*

Eclesiásticos versículo I – Bíblia Sagrada

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Grande Arquiteto do Universo, por ter me propiciado a saúde e força para concluir mais este aprendizado para que possa ser utilizado em benefício dos trabalhadores e assim galgando mais um degrau na escada da sabedoria, humanidade e fraternidade, agradeço aos meus irmãos que souberam entender as minhas ausências e me auxiliaram através de sua compreensão que lhes é peculiar.

Agradeço, ao Professor Dr. Fernando Gonçalves Amaral, pela dedicação e competência na orientação deste trabalho, o qual sempre em qualquer horário ou local contribuiu pacientemente e de forma efetiva para o meu desenvolvimento profissional.

Agradeço a minha esposa Sandra Maria Fontana Barazzutti, aos meus filhos Renata L. Barazzutti, Graziela L. Barazzutti e Lamartini Fontana Barazzutti, que souberam entender as razões de minha ausência na convivência familiar e que também muito me estimularam para concluir este passo tão importante.

Agradeço ao meu pai Itálico Barazzutti que com o sacrifício de seu trabalho me proporcionou os conhecimentos básicos para minha formação e sem eles nada conseguiria.

Agradeço a empresa que permitiu elaborar o estudo abrindo suas portas.

Agradeço aos meus professores que pacientemente ao longo do curso souberam transmitir os conhecimentos necessários para que eu possa ostentar com muito orgulho este título, pois com ele levo uma bagagem de conhecimento que embasa de forma sólida minha futura aplicação sempre voltada à saúde dos trabalhadores meus irmãos fraternos.

RESUMO

A silicose é a formação de cicatrizes permanentes nos pulmões, provocadas pela inalação do pó de sílica (quartzo) existente na areia. A exposição à poeira respirável contendo sílica é comum entre os trabalhadores de minas, indústrias cerâmicas, os cortadores de arenito e de granito e também os operários de fundições de metais ferrosos e não ferrosos. Atualmente, as fundições reutilizam a areia, adicionando no processo de fundição, percentuais de 3% até 10% de areia nova. Com base em uma Intervenção Ergonômica, este trabalho aborda a avaliação ambiental da concentração de sílica (SiO_2) em uma fundição de metais ferrosos da região metropolitana da grande Porto Alegre, com o objetivo de quantificá-la e compará-la com os limites de tolerância (LT) recomendados. Foram obtidas amostras de poeira respirável junto aos trabalhadores, conforme grupo homogêneo de trabalho, utilizando bomba de amostragem de uso individual, ciclone Door-Oliver e filtro de membrana de PVC. Para quantificação da sílica na amostra coletada foi utilizada a técnica da espectrometria de difração de Raios X. Os resultados obtidos indicaram que a exposição à poeira contendo sílica, nas condições de trabalho analisadas, apresenta-se com valores de exposição aceitável segundo as normas nacionais e internacionais.

Palavras-chave: Avaliação Ambiental, Ergonomia, Silicose na Fundição.

ABSTRACT

Silicosis is the formation of permanent lung scars, produced by inhalation of silica dust (quartz) found in sand. Exposition to breathable dust containing sand is common among mine and ceramic industry workers, granite and sandstone cutters and also laborers in ferrous and not ferrous metal foundries. Currently, foundries reuse the sand, with the addition of 3 to 10% of new sand. Based on an Ergonomic Intervention, this work proposes the ambient evaluation of silica concentration (SiO_2) in a ferrous metal foundry located in Porto Alegre's metropolitan region, aiming to quantify and compare it with the tolerance limits (TL) recommended. Samples of breathable dust were obtained near the workers, according to the homogeneous work group, using individual sampling pumps, Door-Oliver cyclones and PVC membrane filters. To quantify the silica in the samples collected, an X-ray spectrometry diffraction technique was used. Results indicated that exposition to silica dust in the work conditions analyzed presents acceptable exposition values, according to national and international regulations.

Key words: Ambiental Evaluation, Ergonomics, Silicosis in Foundry.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE TABELAS	11
1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Apresentação do Tema.....	12
1.2 Objetivos	14
1.2.1 Objetivo Específico	14
1.3 Justificativa.....	14
1.4 Delimitação do Trabalho.....	16
1.5 Questões de Pesquisa	16
1.6 Estrutura do Trabalho	16
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
2.1 Pneumoconiose e Silicose	18
2.1.1 Atividades com Exposição à Sílica.....	24
2.2 Programas de Prevenção a Pneumoconiose	26
2.3 O Processo de Fundição	27
2.3.1 Descrição do Processo	28
2.3.2 Crescimento do Processo de Fundição	28
2.3.3 Normas para o Controle e Avaliação das Poeiras Contendo Sílica.....	29
2.4 Instrumentação para Coleta de Amostras de Poeiras.....	33
2.4.1 Método de Impinger.....	34
2.4.2 Método por Filtro de Membrana	35
2.5 Métodos de Análise da Poeira Coletada	37
2.6 Fatores Que Influenciam na Metodologia.....	38
3 MÉTODO DE PESQUISA.....	39
3.1 Análise da Demanda	39

3.2	Apreciação Ergonômica	41
3.2.1	Análise do Processo de Fundição	41
3.2.2	Observação Sistemática	41
3.2.3	Determinação de Grupo Homogêneo	42
3.2.4	Entrevistas	44
3.2.5	Plano de Medição	44
3.2.6	Análise dos Fatores Físico-Ambientais	45
3.2.7	Análises Complementares	48
4	RESULTADOS.....	50
4.1	Análise da Demanda	50
4.2	Apreciação Ergonômica	50
4.2.1	Análise do Processo de Fundição	50
4.2.2	Observação Sistemática	63
4.2.3	Determinação de Grupo Homogêneo	63
4.2.4	Entrevistas	64
4.2.5	Plano de Medição	65
4.2.6	Análise dos Fatores Físico-Ambientais	66
4.2.7	Análises Complementares	68
5	CONCLUSÃO.....	75
5.1	Considerações a Respeito dos Resultados Alcançados.....	75
5.2	Indicações Para Trabalhos Futuros	78
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
	APÊNDICE A	89
	APÊNDICE B.....	91
	ANEXO A.....	93

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Silicose nodular	19
Figura 2	Lesão pulmonar permanente causada por sílica	20
Figura 3	Impinger	34
Figura 4	Ciclone	35
Figura 5	Conjunto de porta-filtro de poliestireno desmontado	36
Figura 6	Conjunto de porta-filtro montado	36
Figura 7	Bomba coletora.....	45
Figura 8	Porta-cassete e ciclone	46
Figura 9	Filtro coletor	47
Figura 10	Etiqueta de identificação da amostra	47
Figura 11	Injeção de dióxido de carbono (CO ₂)	52
Figura 12	Fluxograma de processo.....	53
Figura 13	Ferro gusa.....	55
Figura 14	Tipos de sucatas a serem utilizadas como matéria-prima	55
Figura 15	Ponte rolante com eletroímã.....	56
Figura 16	Vazamento com panela	57
Figura 17	Acabamento de machos	58
Figura 18	Confecção do molde com areia sintética.....	59
Figura 19	Processo do tipo Shell (cura a quente).....	60
Figura 20	Processo CO ₂ (cura a frio).....	60
Figura 21	Transferência do metal líquido	61
Figura 22	Plataforma vibratória	61
Figura 23	Remoção de rebarba com peça abrasiva	62
Figura 24	Posição do conjunto ciclone cassete	67
Figura 25	Termômetro de avaliação de IBUTG.....	68

Figura 26	Concentração de sílica por setor em ordem decrescente	73
Figura 27	Gráfico comparativo da percentagem de sílica encontrada na massa coletada em relação aos LT.....	73
Figura 28	Gráfico comparativo: percentual de sílica e umidade relativa do ar	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Produção de fundidos em toneladas no Brasil.....	29
Tabela 2	Produção ocupado no setor de fundição	29
Tabela 3	Comparativa de normalização	30
Tabela 4	Função e setor.....	64
Tabela 5	Resultado da entrevista individual.....	65
Tabela 6	Demonstrativo de exposição à poeira por setor.....	66
Tabela 7	Tabela para determinação da umidade relativa do ar através da diferença entre Tbs e Tbu.....	70
Tabela 8	Resultados de temperatura, IBUTG, umidade relativa e velocidade do ar por setor.....	71
Tabela 9	Resultado obtido por setor e função	71
Tabela 10	Resultados obtidos % de poeira respirável e massa.....	72
Tabela 11	Resultados obtidos de massa coletada e percentual de sílica	72

1 INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO DO TEMA

Segundo o NIOSH (1991), a exposição ocupacional a cristais de sílica respirável ocorre em uma variedade de indústrias e ocupações. Pelo menos 1,7 milhões de trabalhadores estadunidenses estão expostos à poeira respirável cristalina e, em muitos casos, estão expostos a concentrações que excedem os limites de tolerância regulamentados. Da mesma forma, Yan, Tao e Tian (2001) monitoraram dados históricos de exposição à sílica junto a trabalhadores da indústria de exploração geológica na China desde 1950, com 1.627 sujeitos estudados. Com base nestes dados, foram estimados níveis de exposição à sílica que sugeriram uma concentração total média de sílica de 14 mg/m^3 , variando entre 29 mg/m^3 (inicialmente) e 3 mg/m^3 (em anos recentes).

Segundo o NIOSH (2002), depois de 40 ou 45 anos de atividade expostos à sílica respirável, os trabalhadores têm grande chance de desenvolver silicose. Estudos demonstram que pelo menos 1% dos trabalhadores radiografados desenvolveram silicose mesmo expostos à sílica cristalina respirável, abaixo dos limites recomendados pela *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA), que é de $0,05 \text{ mg/m}^3$ para até 10 horas diárias de trabalho e quarenta horas semanais (OSHA, 2002).

A silicose é uma fibrose nodular pulmonar associada à exposição de sílica cristalina respirável. Informações de mortalidade associada à exposição de sílica têm sido relatadas nas últimas décadas, tendo sido informadas mais de 300 mortes ao ano no período de 1992 a 1995 (NIOSH *apud* ALTHOSE, 1998). Porém, o número de mortes associadas à exposição à sílica entre pessoas com 15 a 44 anos de trabalho expostas à sílica não é relatado (CDC, 1998a, 1998b). No entanto, sabe-se que uma grande quantidade de trabalhadores, atualmente, morrem de tuberculose (TB), câncer de pulmão e escleroderma¹. Entretanto, o número de casos de silicose atual é desconhecido nos EUA.

¹ O escleroderma ou a esclerodermia é uma doença auto-imune rara e crônica que atinge cerca de 150 a 500 mil estadunidenses, principalmente, mulheres entre 30 e 50 anos de idade. As formas sistêmicas de Escleroderma causam fibrose (tecido cicatrizado) que se forma na pele e ou nos órgãos internos.

Estudos epidemiológicos com foco em casos de silicose crônica, que se desenvolveram anos após a exposição a concentrações relativamente baixas, afirmam que esta pode se desenvolver ou progredir mesmo após cessar a exposição profissional (HESSEL *et al.*, 1988; HNIZDO *et al.*, 1993; HNIZDO; MURRAY, 1998; NG; CHAN; LAM, 1987; KREISS; ZHEN, 1996; MILLER *et al.*, 1998).

Normalmente, os sintomas se manifestam somente após vinte a trinta anos de exposição ao pó. No entanto, em ocupações que envolvem a utilização de jatos de areia, escavação de túneis e produção de sabões abrasivos, as quais produzem quantidades elevadas de pó de sílica, os sintomas podem ocorrer em menos de dez anos.

As areias utilizadas nos processos de fundição nas indústrias de metais fundidos em suas diversas etapas de fabricação também contêm sílica, sob a forma de dióxido de silício (SiO_2), a qual é apontada como causa de silicose. Porém, atualmente não são encontradas estatísticas que comprovem os índices de prevalência e incidência no Brasil de casos de silicose nestes trabalhadores envolvidos com o processo de fundição.

Estas areias utilizadas em fundição são ditas sintéticas, mas não no sentido químico. Isto porque são elaboradas a partir de uma mistura de vários tipos de areia com adições de betonita e outros aditivos, adicionando areia nova em concentrações de 3% a 10%.

Logo, para poder compreender a dimensão do problema, deve-se entender primeiramente os processos e as tarefas desempenhadas pelos trabalhadores expostos à sílica.

Dessa forma, um estudo de natureza macroergonômica, permitiria abordar de maneira sistemática e aprofundada tais aspectos. Isto porque a ergonomia é o estudo do relacionamento entre o homem e o seu trabalho, equipamento e ambiente e, particularmente, a aplicação dos conhecimentos de anatomia, fisiologia e psicologia, na solução dos problemas surgidos desse relacionamento (GUIMARÃES, 2002). Uma das divisões do estudo ergonômico contempla a inter-relação entre homem e meio ambiente partindo da organização, passando pelo processo e chegando ao posto de trabalho.

Este trabalho, com base na macroergonomia, visa analisar o construto físico-ambiental, com enfoque direcionado para avaliação de aerodispersóides, em especial a poeira contendo sílica (dióxido de silício SiO_2), em um processo de fundição, procurando fornecer subsídios técnicos para entender o problema.

1.2 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é realizar avaliações quantitativas de sílica sob a forma de dióxido de silício (SiO_2) no ambiente de trabalho de fundição de peças de ferro fundido, de tal forma que possam ser demonstrados os reais indicadores de concentração de poeira respirável no ambiente contendo sílica. Além disto, através de uma abordagem ergonômica, o estudo visa possibilitar um melhor entendimento do ambiente de trabalho frente à nova tecnologia de processo adotado nas fundições atuais.

1.2.1 *Objetivo Específico*

Desenvolver um estudo que permita:

- a) identificar e quantificar a presença de sílica através da coleta de amostra da poeira, contendo dióxido de silício (SiO_2), quando no exercício da atividade laboral no ambiente de trabalho de fundição, através dos métodos estabelecidos pelas normas nacionais e internacionais e possibilitando a identificação da prevalência de silicose nos trabalhadores expostos;
- b) avaliar a exposição dos trabalhadores de fundição de metais ferrosos à poeira de dióxido de silício (SiO_2) nos diversos setores de fundição de metais, para verificar se o reaproveitamento da areia provoca redução na concentração de sílica, e por consequência, diminuir os casos de silicose e pneumoconiose.

1.3 JUSTIFICATIVA

Investigar a saúde dos trabalhadores é condição *sine qua non* para a construção de um novo modo de entendimento e análise do binômio saúde-doença coletiva enquanto processo social (LAURELL; NORIEGA, 1989).

A silicose é uma doença causada pela inalação de partículas de dióxido de silício cristalino (SiO_2), o qual é amplamente encontrado depositado nas rochas que constituem a crosta terrestre. Por esse motivo, as atividades industriais que envolvem corte ou polimento de rochas constituem fontes potenciais de sílica respirável. Outras atividades também podem ser incluídas, como a mineração, a abertura de túneis, o trabalho em pedreiras e o corte e a

lapidação de pedras. Os usos industriais da areia podem ocasionar exposição a elevadas concentrações de sílica respirável, principalmente o uso da areia com finalidades abrasivas (jateamento de areia). A areia também é amplamente utilizada em trabalhos de fundição, fabricação de vidros e na indústria cerâmica.

As doenças pulmonares de origem ocupacional são causadas pela inalação de partículas, névoas, vapores, fungos e bactérias, gases nocivos no ambiente de trabalho entre outros. O local exato das vias aéreas ou dos pulmões onde a substância inalada irá se depositar e o tipo de doença pulmonar que irá ocorrer dependerá do tamanho e do tipo das partículas inaladas (FUNDACIÓN MAPFRE, 1991; FUNDACENTRO, 2001). As partículas maiores podem ficar retidas nas narinas ou nas grandes vias aéreas, mas as menores, como o pó de quartzo e o asbesto, podem atingir os pulmões e causar lesões permanentes no tecido pulmonar (fibrose pulmonar). Pode-se afirmar que, em determinadas quantidades, certas partículas podem causar câncer nos tabagistas (IARC, 1997).

Os órgãos de fiscalização exigem o atendimento das normas regulamentadoras do Ministério do Trabalho e Emprego (1978), neste caso, a NR 15, Anexo 12, da Portaria 3214/78, a qual estabelece limites de tolerância (LT) diferentes dos preconizados pelas normas internacionais, sendo que estas também diferem entre si.

Não se conhecem estudos relacionados à problemática voltada para a silicose em trabalhadores de fundição frente à técnica de reutilização da areia já processada, nem tampouco a verdadeira exposição, quando confrontada com o processo de reaproveitamento da areia. Também não são conhecidos estudos de prevalência de silicose no Brasil com o novo processo. Assim, com este estudo pretende-se auxiliar o entendimento da atual tecnologia de obtenção de ferro fundido com relação à racionalização no uso de areia contendo SiO_2 (dióxido de silício) e de seu reaproveitamento, bem como contribuir para a diminuição da prevalência de silicose nos trabalhadores deste ramo.

Com a avaliação dos ambientes de trabalho, será possível então quantificar a exposição na situação real atual, que poderá possibilitar a melhora da qualidade de vida da população ativa nos setores de fundição no que diz respeito à prevalência de doenças profissionais provocadas pela exposição à sílica. Poderá, também, enfocar a adoção de medidas corretivas em detrimento ao uso de protetores individuais que causam desconforto e conseqüente resistência ao uso. Além do que, poderá ser despertado o interesse de outros

profissionais em relação aos pontos críticos passíveis de estudos mais profundos e à adoção de critérios de avaliação de sílica (SiO_2) ao atual ambiente de trabalho. Da mesma forma, poder-se-á estabelecer novos parâmetros através da relação de dose encontrada e respostas por parte dos trabalhadores em relação à saúde ocupacional.

1.4 DELIMITAÇÃO DO TRABALHO

O presente trabalho está limitado à avaliação da concentração de sílica (dióxido de silício, SiO_2) no ambiente de trabalho de uma forjaria da grande Porto Alegre, nos setores de modelagem, macharia, rebarbação, vazamento, manutenção e fabricação de moldes, e na amostra considerada. O trabalho restringe-se à avaliação ambiental por posto de trabalho na indústria de forjados, cujas características de processo incluem a reutilização da areia.

Não faz parte deste trabalho o estudo epidemiológico das doenças provocadas pela exposição à areia contendo sílica, nem sua relação com outras doenças adquiridas ou interação com os demais agentes ambientais oriundos do processo, tais como monóxido de carbono, fenol, resinas e isocianatos.

1.5 QUESTÕES DE PESQUISA

As questões norteadoras deste trabalho buscarão, através dos seus objetivos específicos, verificar também se:

- a) o reaproveitamento da areia reduz a exposição à sílica?
- b) é possível eliminar ou racionalizar o uso do incômodo protetor respiratório?

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

No Capítulo 1, é realizada a apresentação do tema, no qual consta o objetivo geral e específico, a justificativa, a delimitação do trabalho e questões de pesquisas.

No Capítulo 2, são tratados os assuntos relativos à revisão bibliográfica, os embasamentos teóricos e práticos em que são abordadas algumas definições de autores sobre

as doenças profissionais causadas pela exposição a areias contendo dióxido de silício (SiO_2), o contexto do mercado de fundidos no processo industrial e sua crescente evolução, exigindo maior número de mão-de-obra e, conseqüentemente, aumento de pessoas expostas.

Já no Capítulo 3, são expostos a metodologia de intervenção ergonômica e os métodos de avaliação utilizados nacional e internacionalmente, através dos quais são quantificadas as concentrações de sílica sob forma de dióxido de silício (SiO_2) e com os quais é possível estabelecer as concentrações encontradas e compará-las aos limites de exposição normalizados.

O Capítulo 4, por sua vez, ilustra os resultados encontrados através das análises efetuadas, bem como as avaliações físico-ambientais complementares que possam influenciar nos resultados obtidos.

Finalmente, no Capítulo 5 são feitas as conclusões e tecidas considerações no que diz respeito às ferramentas utilizadas e aos resultados obtidos frente à metodologia aplicada que, comparadas às normas estabelecidas, permitem uma discussão do tema.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

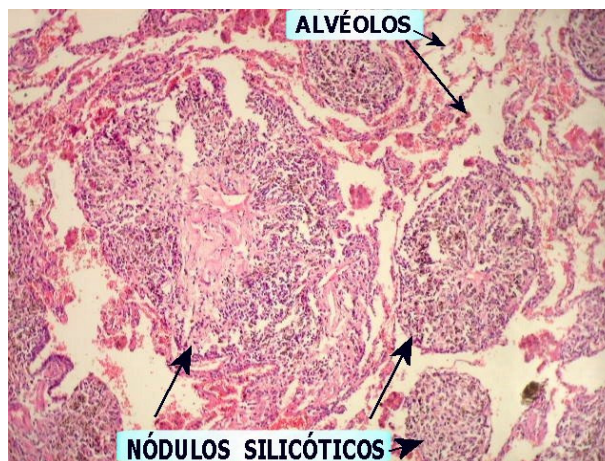
O embasamento teórico no qual está fundamentado o trabalho proposto é mostrado neste capítulo através da revisão da bibliografia. Nesta, são abordadas algumas definições sobre as doenças profissionais causadas pela exposição a areias contendo dióxido de silício (SiO_2), bem como as suas conseqüências, não só no contexto do mercado de fundidos, em crescente evolução, mas também no âmbito geral.

2.1 PNEUMOCONIOSE E SILICOSE

O termo pneumoconiose foi criado por Zenker para designar um grupo de doenças que se originam da exposição a poeiras fibrosantes (ZENKER *apud* BRAIN; VALBERG, 1979). Em 1971, porém, este termo foi redefinido como sendo "o acúmulo de poeiras nos pulmões e a reação tecidual a sua presença" (BRAIN; VALBERG, 1979).

De acordo com o Manual Merck (2004), a silicose é a formação de cicatrizes permanentes nos pulmões provocados pela inalação do pó de sílica (quartzo). Ela é considerada a mais antiga doença ocupacional conhecida, ocorrendo em indivíduos que inalaram pó de sílica durante muitos anos. A sílica é o principal constituinte da areia e, por essa razão, a exposição a essa substância é comum entre os trabalhadores de minas de metais, os cortadores de arenito e de granito, os operários de fundições e os ceramistas.

Quando inalado, o pó de sílica atinge os pulmões, onde os fagócitos (p. ex., macrófagos) englobam as partículas. As enzimas liberadas pelos fagócitos provocam a formação de tecido cicatricial nos pulmões, conforme ilustra a Figura 1. Inicialmente, as áreas cicatriciais são pequenas protuberâncias arredondadas (silicose nodular simples) mas, finalmente, essas protuberâncias podem aglomerar-se, formando grandes massas (silicose conglomerada). Essas áreas cicatriciais não permitem a passagem normal de oxigênio ao sangue. Os pulmões perdem a elasticidade e a respiração exige um maior esforço.



Fonte: Manual Merck (2004)

Figura 1 Silicose nodular

Os indivíduos com silicose nodular simples não apresentam dificuldades para respirar, mas tosse e escarram em decorrência da irritação das grandes vias aéreas. A silicose conglomerada pode produzir tosse, produção de escarro e dificuldade respiratória grave. No início, a dificuldade respiratória pode ocorrer somente durante a realização de exercícios mas, no estágio final, ela ocorre mesmo durante o repouso. A respiração pode piorar de dois a cinco anos após o indivíduo haver parado de trabalhar com a sílica.

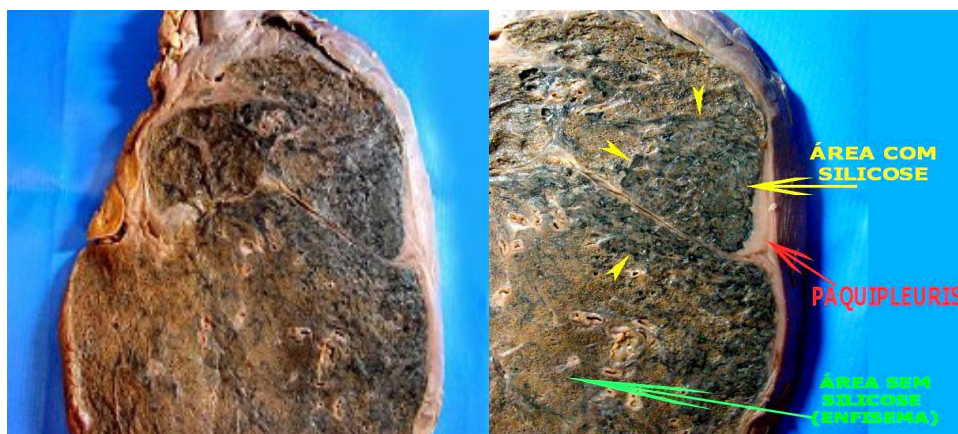
A lesão pulmonar sobrecarrega o coração e, algumas vezes, acarreta a insuficiência cardíaca, potencialmente letal. Além disso, quando os indivíduos com silicose são expostos ao agente causador da tuberculose (*Mycobacterium tuberculosis*), a probabilidade de contraírem a infecção é três vezes maior do que a dos indivíduos que não sofrem de silicose (IARC, 1997).

Segundo IARC (1997), o diagnóstico de silicose é estabelecido quando um indivíduo que trabalhou com sílica apresenta uma radiografia torácica com os padrões característicos de cicatrização e nódulos.

Segundo o *Labor Occupational Safety and Health Administration* (LOCH, 2003), silicose é uma doença pulmonar que pode ser fatal. É causada pela aspiração de minúsculas partículas de pó contendo sílica cristalina. As partículas de sílica cristalina, menores que areia e invisíveis ao olho nu, penetram nos pulmões produzindo inflamação e cicatrização do tecido pulmonar, o que causa severas dificuldades respiratórias. Quando a silicose se desenvolve, os

pulmões podem ser infectados por fungos ou bactérias. A silicose também é fator contribuinte para propiciar outras doenças pulmonares, como fibrose, enfisema, tuberculose e câncer de pulmão (CHEN *et al.*, 1997). Cada grão de sílica provoca uma pequena cicatriz no pulmão, endurecendo os tecidos dos pulmões, bloqueando a transferência de oxigênio para o sangue. Segundo Sheppard (1992), este processo é chamado de fibrose progressiva, e se inicia através da interação entre os cristais de sílica e os macrófagos alveolares.

A Figura 2 apresenta um pulmão com extenso acometimento por silicose, resultante de prolongada exposição ocupacional ao pó de sílica (geralmente anos ou décadas). A silicose causa intensa fibrose do parênquima pulmonar levando a uma pneumopatia restritiva (dificuldade de expansão). No parênquima, a lesão silicótica é mais intensa e melhor vista na periferia, onde o tecido pulmonar tem cor acinzentada e aspecto pétreo (lembrando granito). À palpação, esta região tem consistência muito firme, que contrasta com as regiões vizinhas, as quais lembram uma esponja. Nestas, o pulmão também não é normal, pois há enfisema (destruição permanente dos septos alveolares). Os alvéolos se tornam perceptíveis já macroscopicamente. Há intensa fibrose pleural (*paquipleuris*) também em consequência da silicose.



Fonte: UNIVERSIDADE DE CAMPINAS (2004)

Figura 2 Lesão pulmonar permanente causada por sílica

A *Labor Occupational Safety and Health Administration* (LOCH, 2003) relaciona três tipos de silicose:

- a) **Crônica:** acontece depois de 10 ou mais anos de exposição a pequenas quantidades de pó de sílica;

- b) **Acelerada:** é verificada depois de 5 a 10 anos de exposição a quantias moderadas de sílica cristalina;
- c) **Aguda:** pode se desenvolver dentro de algumas semanas ou até cinco anos depois da exposição a concentrações altas de sílica cristalina.

Em 1974, o NIOSH revisou os dados disponíveis dos efeitos provocados na saúde de profissionais expostos à poeira respirável contendo sílica cristalina e determinou que o principal efeito adverso à saúde era a silicose (NIOSH, 1974). Recomendou-se, então, que a exposição profissional ao pó de sílica cristalina respirável fosse controlada de forma que os trabalhadores não seriam expostos ao ar contendo partículas de sílica a um *Time-Weighted Average* (TWA) de concentração maior que 50 microgramas por metro cúbico de ar determinado durante 10 horas por dia de trabalho e por 40 horas por semana de trabalho.

Posteriormente, através de uma revisão da literatura sobre sílica cristalina, o NIOSH concluiu, com base em estudos adicionais de toxicologia e epidemiologia, a existência da relação entre o câncer de pulmão e a dose de sílica cristalina respirável, bem como os efeitos adversos da sílica cristalina nos rins (NIOSH, 1983). Desde então, estudos adicionais informaram uma incidência aumentada de tumores malignos nos pulmões de ratos expostos à inalação submetidos à administração intratraqueal de várias formas e preparações de sílica cristalina respirável (HOLLAND *et al.*, 1986; GROTH *et al.*, 1986; MUHLE *et al.*, 1989; SPIETHOFF *et al.*, 1992).

Em 1986, com base nas evidências de estudos em animais, a *International Agency for Research on Cancer* (IARC) concluiu que há evidências suficientes da carcinogenicidade da sílica cristalina respirável em animais. Porém, limitadas evidências para carcinogenicidade em humanos (IARC, 1997).

Já em 1996, a IARC publicou um estudo epidemiológico de câncer em animais e trabalhadores que estiveram expostos à sílica cristalina respirável, concluindo que “havia evidências suficientes da sílica cristalina inalada por trabalhadores, sob forma de quartzo ou cristobalita, ser cancerígena” (IARC, 1997). No mesmo ano, a *American Thoracic Society* (ATS) divulgou um comunicado oficial que descrevia os efeitos nocivos à saúde pela exposição à sílica cristalina, no qual incluía o câncer de pulmão (ATS, 1997). Entretanto, a ATS observou que, entre trabalhadores expostos à sílica, havia número menor de relatos de câncer de pulmão entre não fumantes do que entre fumantes.

O NIOSH revisou os estudos da IARC e ATS, bem como seus próprios estudos, resultando na concordância com as conclusões da IARC (1997), sendo então recomendado que a sílica cristalina seja considerado um potencial carcinogênico profissional (OSHA, 1989).

Ainda de acordo com o NIOSH, há necessidade de pesquisa adicional para determinar a resposta da relação entre exposição profissional à poeira de sílica e câncer do pulmão em não fumantes. Os mecanismos celulares para desenvolvimento de câncer do pulmão depois da exposição à sílica cristalina ainda não estão completamente entendidos (NIOSH, 1998).

Tradicionalmente, os estudos realizados para a compreensão da relação processo de trabalho e saúde se fundamentam em práticas convencionais da Medicina do Trabalho e da Engenharia de Segurança, nos quais o entendimento dessa relação é resultante exclusiva da ação isolada de agentes patogênicos sobre o corpo do trabalhador ou, no máximo, pela multiplicidade e interação de grupos de agentes, em que a ênfase é voltada para a proteção contra os riscos (VASCONCELLOS, 1994).

Neste contexto, investigar a saúde dos trabalhadores é condição *sine qua non* para a construção de um novo modo de entendimento e análise do binômio, saúde-doença coletiva enquanto processo social (LAURELL; NORIEGA, 1989).

Aumentos significativos na mortalidade com relação à doença das vias respiratórias (que podem incluir silicose e pneumoconiose, bronquites crônicas, enfisema, asma e outras condições respiratórias relacionadas) foram relatados em trabalhadores expostos à sílica (CHECKOWAY *et al.*, 1993, 1996, 1997; CHEN *et al.*, 1992; CHERRY *et al.*, 1998; BROWN *et al.*, 1986; COSTELLO; GRAHAM, 1988; COSTELLO *et al.*, 1995; COSTELLO, 1983; STEENLAND; BROWN, 1995; STEENLAND; BEAUMONT, 1986; THOMAS; STEWART, 1987; THOMAS, 1990) e silicóticos (GOLDSMITH *et al.*, 1995; BROWN *et al.*, 1997; ROSENMAN *et al.*, 1995).

Segundo o NIOSH, muitos casos foram publicados com relatos sobre doenças auto-imunes relacionando doenças dos trabalhadores expostos à sílica cristalina ou trabalhadores com silicose. De acordo com o mesmo órgão, estudos epidemiológicos até a presente data informaram números significativos de casos de mortes por doenças auto-imunes conhecidas

ou desordens imunológicas (esclerodermia, lúpus eritematoso sistêmico, artrite reumatóide, sarcoidose), doença renal crônica e alterações clínicas renais. Entretanto, a correlação da auto-imunidade renal em trabalhadores expostos à sílica ainda não é clara (MURAMATSU *et al.*, 1989; PARKS *et al.*, 2002).

De acordo com o NIOSH (2002), vários outros efeitos na saúde, tais como disfunções hepáticas, silicose extrapulmonar (devido ao depósito de partículas de sílica), granulomas, porfiria hepática, granulomas de sílica cutâneos, proteinose alveolar pulmonar, podoconiosis e abrasão dental foram citados em estudos de trabalhadores expostos à sílica, mas estes efeitos não foram investigados a fundo com métodos epidemiológicos.

Para o NIOSH (2002), estas revisões, estudos e pesquisas experimentais conduzem à identificação do mecanismo molecular responsável pelo desenvolvimento da silicose de câncer de pulmão. Os resultados destes estudos indicam para de necessidade de:

- a) estudos adicionais carcinogênicos de longo prazo em animais, a fim de determinar relações de dose-resposta;
- b) desenvolvimento de estudos efetivos *in vitro* de modelos celulares e moleculares da carcinogenicidade para exposição em baixas concentrações.

Assim, até que amostragens melhoradas de métodos analíticos sejam desenvolvidas para exposição à sílica cristalina respirável, o NIOSH continuará recomendando um limite de exposição de $0,05 \text{ mg/m}^3$, o qual reduz o risco de desenvolvimento de silicose, câncer de pulmão e outros efeitos adversos à saúde. O NIOSH também recomenda, para minimizar o risco de doenças nos trabalhadores expostos ao Limite de Exposição Recomendado (REL), a substituição de materiais por outros isentos de sílica quando possível. Quando não for possível, recomenda o uso de proteção respiratória e controle na fonte a fim de mantê-los abaixo do NIOSH-REL, além de adotar os exames médicos periódicos para os trabalhadores expostos.

Segundo Pena (1985), a Higiene Industrial, em sua parte teórica, busca estudar e conhecer as características de um contaminante, ao mesmo tempo em que desenvolve uma metodologia de avaliação até estabelecer a existência ou não de risco à saúde. Neste sentido, são estabelecidos três pontos que podem atuar como meios de controle para eliminar a poeira industrial nas pedreiras, do ponto de vista do:

- a) foco de geração, com o objetivo de impedir sua formação;
- b) meio pelo qual se difunde, para impedir que se estenda e atinja níveis perigosos ao ambiente imediato ao trabalhador;
- c) receptor, protegendo o operário para que a poeira não penetre em seu organismo.

A silicose também predispõe o organismo a uma série de co-morbididades pulmonares e extra-pulmonares, sendo a tuberculose pulmonar a mais comum delas (COWIE, 1994; MURRAY *et al.*, 1996).

Quanto à função pulmonar, não existem padrões de disfunção típicos em silicose. A forma nodular simples, geralmente, está representada por espirometria normal ou pouco alterada, sendo o padrão obstrutivo o mais comum nas fases iniciais (BECKLAKE, 1992).

As alterações espirométricas são tardias, não devendo ser consideradas como um indicador precoce de comprometimento respiratório, e a constatação de valores espirométricos normais, ou próximos à normalidade, pode dever-se, em parte, ao fato de a maioria dos estudos terem delineamento transversal. Recentemente, um estudo prospectivo com acompanhamento de cinco anos com mineiros de ouro na África do Sul mostrou que pacientes da categoria radiológica zero e um apresentaram, respectivamente, diminuição média anual do volume respiratório forçado no primeiro segundo de 37 ml/ano e 57 ml/ano, apesar dos valores percentuais em relação ao previsto estarem, em geral, acima do limite inferior da normalidade (COWIE; MABENA, 1991).

McDonald *et al.* (2001) apontam em seu estudo caso referente a mortes devidas ao câncer de pulmão, em que dos 2.670 empregados que estavam extraindo pedras de minas com processo mecânico, houve 30 mortes diagnosticadas por silicose; destas, sete por sílico-tuberculose, que foram relacionadas com o tempo de trabalho, e havia também casos de câncer de pulmão com 20 ou mais anos de atividade.

2.1.1 *Atividades com Exposição à Sílica*

No Brasil, em 1978, estimou-se a existência de aproximadamente 30.000 portadores de silicose. Em Minas Gerais, foi registrada a ocorrência de 7.416 casos de silicose na mineração de ouro. Na região Sudeste de São Paulo, foram identificados aproximadamente

1.000 casos em trabalhadores das indústrias de cerâmicas e metalúrgicas. No Ceará, entre 687 cavadores de poços examinados, a ocorrência de silicose foi de 26,4% (180 casos). No Rio de Janeiro, entre jateadores da indústria de construção naval, a ocorrência de silicose foi de 23,6% (138 casos) em 586 trabalhadores radiografados. Na Bahia, relatório preliminar de avaliação dos casos atendidos no Centro de Estudo de Saúde do Trabalhador (CESAT), no período de 1988 a 1995, registrou 98 casos, sendo encontrada associação de sílico-tuberculose em 37 casos, ou seja, uma prevalência de 38% (MINISTÉRIO DO TRABALHO, 2003).

Tsuda *et al.* (2002) apontam como atividade de risco à silicose (Pneumoconiose dos Trabalhadores de Carvão – PTC e Pneumoconiose por Poeiras Mistas – PPM, entre outras) as fundições. Também citam como fatores de risco: a concentração de poeira respirável, dimensão das partículas, composição mineralógica da poeira respirável, tempo de exposição, resposta orgânica individual, integridade do sistema de transporte mucociliar e das respostas imunitárias, concomitância de outras doenças respiratórias, hiperatividade brônquica e suscetibilidade individual.

De acordo com relatório da *Chinese Academy of Preventive Medicine*, a prevalência de pneumoconiose na China era acima de 314.000 casos desde 1986 (MINISTÉRIO DE SAÚDE PÚBLICA DA CHINA, 1989). Após esta data, foram observados ainda mais de 400.000 casos adicionais diagnosticados com suspeitas de pneumoconiose.

Carneiro *et al.* (2002) realizaram um estudo descrevendo o perfil dos trabalhadores atendidos no Ambulatório de Doenças Profissionais do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais. Foram estudados 300 prontuários de trabalhadores expostos à sílica em diversas atividades profissionais, atendidos no período de 1989 a 2000, sendo analisados dados clínico-ocupacionais, espirométricos e radiológicos. Este estudo apontou que a média de idade dos pacientes expostos era de 51 anos com tempo médio de exposição de 15,6 anos.

São apontados com grande potencial de adquirir silicose os trabalhadores nas indústrias de minérios de chumbo, cobre prata e ouro, determinados mineiros de carvão, operários de fundição, ceramistas, oleiros, cortadores de arenitos ou de granito, operários que trabalham na construção de túneis, trabalhadores da indústria de sabões abrasivos e trabalhadores que utilizam jatos de areia (MANUAL MERCK, 2004). Da mesma forma, Chen *et al.* (2001) identificaram uma clara relação entre exposição à sílica e desenvolvimento de silicose em trabalhadores da indústria de mineração de estanho na China.

Segundo a Fundacentro (2004), no Brasil, as atividades que apresentam os maiores riscos de se adquirir a silicose são:

- a) fundição de ferro, aço ou outros metais onde se utilizam moldes de areia;
- b) indústria extrativa (mineração e atividades de extração e beneficiamento de pedras que contenham o mineral);
- c) cerâmicas onde se fabricam pisos, azulejos, louças sanitárias, louças domésticas e outros, produção e uso de tijolos refratários;
- d) fabricação de vidros (tanto na preparação como também no uso de jateamento de areia usado para opacificação);
- e) perfuração de rochas na indústria da construção (túneis, barragens e estradas), moagem de quartzo e pedras;
- f) construção de fornos refratários, jateamento de areia (utilizado na indústria naval, na opacificação de vidros, na fundição e polimento de peças na indústria metalúrgica);
- g) execução de trabalho em mármore, ardósia, granito e outras pedras, fabricação de material abrasivo;
- h) mineração subterrânea;
- i) escavação de poços;
- j) atividades de protético.

Além destas atividades, Parks *et al.* (2003) apontam a necessidade de investigar a potencial exposição à sílica e, conseqüentemente, os riscos associados à silicose junto a trabalhadores rurais.

2.2 PROGRAMAS DE PREVENÇÃO A PNEUMOCONIOSE

Pela revisão da literatura encontrada, os programas de prevenção à pneumoconiose foram desenvolvidos, principalmente, pelo Ministério de Saúde Pública da China. Este, através de relatórios, reporta vários casos nas indústrias chinesas (OUDIZ *et al.*, 1983).

Nesse sentido, desde os anos cinquenta, o governo da República da China tem enfocado a criação de regulamentos para a prescrição obrigatória de amostragem de pó, de forma sistemática e obrigatória, nos trabalhadores envolvidos com a poeira. Este regulamento exige das indústrias e companhias de mineração a avaliação do nível de pó total mensalmente no local de trabalho e nas áreas onde qualquer exposição à sílica seja esperada. Isto, a fim de medir a distribuição de tamanho de partículas de pó totais contendo sílica cristalina (SiO_2). Além disto, as empresas devem informar os resultados para os órgãos competentes com frequência trimestral.

Embora exista um consenso geral de que as exposições ao pó de sílica nas fundições contribuem para a silicose, a frequência desta doença em trabalhadores de fundição é desconhecida (OUDIZ *et al.*, 1983). Estes autores citam um exame de fundições no estado de Illinois, EUA, na década de 40 do século XX, como sendo o primeiro estudo de amplitude nos domínios da indústria. Neste estudo, a frequência de silicose nos trabalhadores em exposição há 20 anos ou mais foi de 25,8%, examinados 10.362 casos (USPHS, 1950).

Outros estudos com trabalhadores foram realizados há mais de quatro décadas, com monitoração dos dados de exposição ao pó de sílica e o registro de diagnose de silicose, pelo *National Institute of Occupational Safety and Health* (NIOSH) nos Estados Unidos e pela *Tongji Medical University* (TMU) na China. A meta destes projetos era estabelecer relações entre exposição à sílica e desenvolvimento de doenças como silicose ou câncer do pulmão nos trabalhadores em cortes de cerâmica e demais indústrias que utilizam poeiras em seus processos (OUDIZ *et al.*, 1983).

2.3 O PROCESSO DE FUNDIÇÃO

A demanda de peças no mercado industrial metal mecânico exige que as empresas do processo primário deste segmento reponham com agilidade os seus componentes, com custo competitivo. Esta necessidade faz com que o mercado de fabricação de peças fundidas passe a ser mais ágil e econômico, através da racionalização do fluxo de processo industrial e o reaproveitamento de matéria prima, entre outros. As peças geradas no processo de fundição de metais ferrosos e não ferrosos podem ser obtidas nas mais variáveis formas e tamanhos, como peças de fabricação de válvulas hidráulicas ou carcaças de motores de combustão interna.

2.3.1 *Descrição do Processo*

Por processo de fundição entende-se toda e qualquer técnica que tem como princípio levar um metal até a sua fase líquida e vazá-lo sobre um recipiente apropriado a sua solidificação. Este recipiente deverá ser um molde ou modelo da peça que se deseja fundir.

O processo de levar os metais à liquefação é realizado em fornos, os quais são escolhidos conforme as temperaturas de fusão dos metais em questão. A escolha do forno também depende do volume a ser vazado, do tempo de fundição que se deseja obter, da produção diária e das disponibilidades financeiras das empresas.

Nas etapas do processo de fundição, encontra-se o recebimento de matéria prima e insumos, a qual é identificada como Central de Matéria Prima. A fabricação de moldes e machos ocorrerem no setor de Moldagem e Macharia, enquanto a matéria prima adequada segue para o processo fusão passando para o estado líquido, a fim de serem envasadas nos moldes. No leito de secagem (resfriamento), as peças envasadas do interior das caixas de moldagem aguardam a temperatura ideal para serem retiradas dos moldes (desmoldadas). Após desmoldadas, as peças estão semiprontas, seguindo para o acabamento final, o qual consiste na quebra de canais, acabamento superficial (rebarbação, jateamento) e proteção superficial. As demais etapas são reconhecidas como atividades de apoio, as quais contribuem para a execução do processo de obtenção de peças fundidas, tais como: manutenção elétrica e mecânica, programação e controle de produção, controle de qualidade, no qual incluem-se o controle dimensional das peças e análise laboratoriais (ensaios físicos, químicos), almoxarifado, expedição e administração.

2.3.2 *Crescimento do Processo de Fundição*

O mercado de fundidos vem crescendo atualmente (Tabela 1), juntamente com o número de trabalhadores, conforme a Associação Brasileira de Fundição (ABIFA, 2004). Pode-se observar, nos dados mostrados na Tabela 1, que a produção de ferro fundido no Brasil no mês de março de 2004, comparada com a produção do mês de março de 2003, obteve um aumento de 9,9% de ton/dia e, no primeiro trimestre de 2004 comparado ao mesmo período de 2003, o aumento foi de 19% ton/dia.

Tabela 1 Produção de fundidos em toneladas no Brasil

Metal	Mar 2004 (A)	Mar 2003 (B)	(A)/(B) %	Jan-Mar 2004 (C)	Jan-Mar 2003 (D)	(C)/(D) %
1 - Ferro Total	200.733	159.866	25,6	545.681	470.298	16,0
2 - Aço Total	15.202	9.724	56,3	40.089	26.973	48,6
3 - Não ferrosos	18.132	15.648	15,9	56.919	42.744	33,2
3.1 - Cobre	1.398	1.562	10,5	3.716	3.681	1,0
3.2 - Zinco	572	469	22,0	1.592	1.663	4,3
3.3 - Alumínio	15.798	13.252	19,2	50.438	36.306	38,9
3.4 - Magnésio	364	365	0,3	1.173	1.094	7,2
4 - Total Geral	234.067	185.238	26,4	642.689	540.015	19,0
5 - Produção ton/dia	10.177	9.262	9,9	10.201	8.572	19,0

Fonte: ABIFA (2004)

Da mesma forma, o número de pessoas trabalhando nas indústrias de fundição cresceu em um percentual de 11,6%, considerando a média das regiões (Tabela 2). Pode-se concluir que, no Brasil, ano base de 2004, houve um acréscimo de 11,6% trabalhadores expostos à sílica, com o crescimento de 19% da produção de fundidos, o que significa maior número de trabalhadores expostos à sílica com probabilidade de adquirir silicose.

Tabela 2 Produção ocupado no setor de fundição

Período/ Região	Mar 2004 (A)	Mar 2003 (B)	(A)/(B)
1 – CENTRO/MG	8.382	7.308	14,7
2 – NORTE/NÉ	1.067	1.040	2,6
3 – RIO DE JANEIRO	3.767	3.374	11,6
4 – SÃO PAULO	21.697	19.528	11,1
5 – SUL	15.067	13.549	11,2
6 – TOTAL	49.980	44.799	11,6

Fonte: ABIFA (2004)

2.3.3 Normas para o Controle e Avaliação das Poeiras Contendo Sílica

Nos Estados Unidos da América o órgão governamental responsável pelo estabelecimento dos limites de tolerância é o *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA), criado em 1970 através da lei de Segurança e Saúde Ocupacional daquele país que, em 1971, divulgou a sua primeira listagem de limites de exposição permissível proposta pela *American Conference of Governmental Industrial Hygienist* (ACGIH)² (PAUSTENBACH,

² Entidade privada dos EUA, fundada em 1938, com reconhecimento internacional sobre suas atividades concernentes às informações e recomendações práticas para os higienistas ocupacionais.

1977). No que se refere às substâncias químicas dispersas no ar, os limites de exposição preconizados pela ACGIH representam as condições nas quais acredita-se que os trabalhadores possam estar expostos, repetidamente, dia após dia, sem sofrer efeitos adversos à saúde (AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENIST, 2003). Desta forma, foi estabelecida o *Threshold Limit Value* (TLV).

Conforme relatado pelo *Department of Health and Human Services* (2002), o *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) já estabelecia, em 1974, o limite recomendado de exposição para poeira respirável de sílica cristalina.

No Brasil, o Ministério do Trabalho, através da portaria 3.214/78, define os Limites de Tolerância (LT), como sendo “a concentração ou intensidade mínima, relacionada com a intensidade ou a natureza da exposição ao agente que não causara danos a saúde do trabalhador durante sua vida laboral” (MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO, 1978). A Tabela 3 ilustra a comparação entre os critérios estabelecidos pelas normas internacionais e nacionais.

Tabela 3 Comparativa de normalização

Limite de Tolerância	Classificador	Cyclone	Tipo de Filtro	Taxa de Fluxo			
				Cyclone de nylon 1/min	Cyclone HD 1/min	Volume de ar (litros)	
						Min	Max
OSHA	10 mg/m ³	Cyclone	10 mm	PVC ou MCE			
NIOSH	0,05 mg/m ³	+	Nylon ou	Membrana de	1,7	2,2	400 800
ACGIH	0,01 mg/m ³	Filtro	HD	0,8 µm ou 5 µm			
MTBe NR15	8						
Anexo 12	%SiO ₂ + 2			Não Determina			

Pode-se observar que a OSHA estabelece como limite de tolerância 10 mg/m³, a NIOSH define como limite de tolerância 0,05 mg/m³ e a ACGIH estabelece como limite de tolerância 0,01 mg/m³, sendo que todos recomendam os mesmos tipos de classificador e ciclone, bem como as taxas de fluxos.

O limite de tolerância determinado pela NR 15, Anexo 12, do Ministério do Trabalho do Brasil é estabelecido através do resultado da expressão (10), que será apresentada a seguir neste trabalho. Entretanto, no referido limite de tolerância não são especificados o classificador, o ciclone e as taxas de fluxo.

Deve-se ressaltar que os limites de exposição (TLV) propostos pela ACGIH são revisados anualmente e, quando necessário, em função de novos conhecimentos técnicos científicos disponíveis.

Recomenda a *American Conference of Governmental Industrial Hygienist* (2003) que, quando duas ou mais substâncias atuam simultaneamente sobre o mesmo organismo, deverá ser considerado seu efeito combinado e o cálculo utilizado para a mistura é o TLV resultante da expressão (1).

$$C_F = \frac{C_1}{TLV_1} + \frac{C_2}{TLV_2} + \dots + \frac{C_n}{TLV_n} \quad (1)$$

Caso a soma desta fração for maior ou igual que a unidade, o limite estará excedido. Com base neste princípio de efeito aditivo, Hearl (1996) definiu a expressão (2) para calcular o limite de tolerância à sílica. Desta forma, considerando que C_S é a concentração correspondente ao percentual de sílica para um TLV igual $0,1 \text{ mg/m}^3$, e C_P a concentração total de poeira respirável igual $0,5 \text{ mg/m}^3$, tem-se:

$$\left(\frac{C_S}{0,1} + \frac{C_P}{0,5} \right) = 1 \quad (2)$$

Desta maneira, uma regra de três simples determina o percentual de quartzo, em que $C_P = 100$ e $C_S = \% \text{ sílica}$.

Portanto, para obter o percentual de sílica na amostra, pode-se fazer uso da expressão (3):

$$\left(\frac{C_S}{C_P} \right) \times 100 = \% \text{ sílica na amostra} \quad (3)$$

Multiplicando-se a expressão (1) por $(10/C_P)$, tem-se:

$$\left(\frac{C_S}{0,1} \right) \times \left(\frac{10}{C_P} \right) + \left(\frac{C_S}{5,0} \right) \times \left(\frac{10}{C_P} \right) = \frac{10}{C_P} \quad (4)$$

Simplificando (4), obtém-se:

$$\left(\frac{C_s}{C_p}\right) \times 100 + 2 = \frac{10}{C_p} \quad (5)$$

Substituindo-se o percentual de sílica obtido da expressão (3) em (4), tem-se:

$$\% \text{ sílica} + 2 = \frac{10}{C_p} \quad (6)$$

Rearranjando a expressão (6), obtém-se:

$$C_p = \frac{10}{\% \text{ sílica} + 2} \text{ mg} / \text{m}^3 \quad (7)$$

Finalmente, para o cálculo do Fator de Redução (FR):

$$FR = \frac{40}{h} \times \frac{168 - h}{128} \quad (8)$$

Onde 40 consiste no número de horas da jornada semanal de trabalho, h refere-se à nova semana de trabalho em 48 horas, 168 indica o número de horas na semana e 128 é igual ao número de horas correspondentes do tempo de não exposição.

Segundo Arcuri e Cardoso (1991), o Ministério do Trabalho teve de modificar o critério da ACGIH a fim de poder utilizá-lo. Isto porque nos EUA a jornada de trabalho era considerada de 40 horas e no Brasil 48 horas. Para corrigir tal diferença, Brief e Scala (1975) propuseram a seguinte transformação.

Ao aplicar-se, $(h - 48)$ na equação (8) tem-se:

$$FR = \frac{40}{h - 48} \times \frac{168 - (h - 48)}{128} = 0,8 \quad (9)$$

Multiplicando-se o FR pelo TLV, obtém-se o limite de tolerância corrigido adotado pelo Ministério do Trabalho para sílica respirável:

$$LT = \frac{8}{\%SiO_2 + 2} \text{ mg / m}^3 \quad (10)$$

Conforme a *American Conference of Governmental Industrial Hygienist* (2003), o modelo proposto por Brief e Scala pode ser aplicado para jornada de trabalho superior a 40 horas semanais, pois diminui a exposição do tempo sem reduzir a concentração. Entretanto, não deve ser aplicado para justificar concentrações mais elevadas que as permitidas, por exemplo, as oito vezes a TLV, para uma hora de exposição e exposição zero no restante da jornada. Neste caso, aplicam-se as limitações gerais de digressão do TLV e os limites para curta duração TLV.

A concentração de poeira também pode ser expressa em mppdc (milhões de partículas por decímetro cúbico). Para esta unidade, a metodologia de coleta utilizada é através de Impinger³ e posterior contagem das partículas pela técnica de campos claros. Em razão da amostra apresentar alguns inconvenientes, como a necessidade de contagem da amostra coletada no período máximo de 24 horas, não se conhece o erro associado pela análise. Além disso, este método não fornece informações como tamanho da partícula, necessitando coletar outra amostra através de método diferente para determinar a porcentagem de sílica. Assim, trata-se de um método obsoleto e inadequado segundo o NIOSH (2002).

2.4 INSTRUMENTAÇÃO PARA COLETA DE AMOSTRAS DE POEIRAS

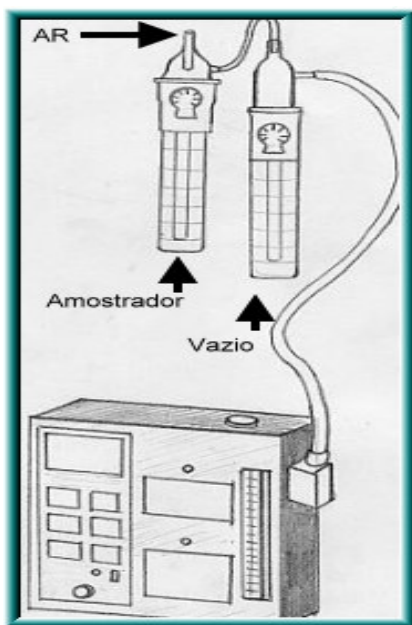
Há, no mercado, diversos tipos e marcas de equipamentos utilizados para amostragem pessoal de poeira. Estes equipamentos são todos importados e se apresentam de forma portátil e de fácil manuseio. Utilizando baterias recarregáveis ou não, são seguros e possuem recursos para ajuste de vazão. As faixas de vazão deverão ser compatíveis com o método utilizado. As bombas de amostragem possuem um sistema de controle de vazão volumétrica constante, o qual consiste em um sensor de variação de pressão, instalado na tomada de ar, e um sensor de rotação por minuto da bomba. Os dados coletados por estes sensores são comparados de forma constante com os parâmetros internos da bomba,

³ Equipamento de coleta para análise (Figura 3).

permitindo assim a monitoração contínua da vazão. Um programa de monitoração ajusta instantaneamente o fluxo de ar da bomba para mantê-lo nas faixas de vazão selecionada, mesmo com variações de altitude.

2.4.1 *Método de Impinger*

Pelo método de Impinger, a poeira é coletada através de uma bomba de sucção, com vazão definida segundo as normas da Tabela 3. O equipamento pode ser visto na Figura 3.



Fonte: Environ (2004)

Figura 3 Impinger

O coletor é afixado no trabalhador com dois tubos coletores, o primeiro contendo solução absorvedora em solução aquosa, o qual retém as partículas de poeira. O segundo tubo fica vazio, e serve para proteger a bomba em caso de passagem do líquido. Para este método a concentração de poeira é expressa em mdpdc (milhões de partículas por decímetro cúbico). Contudo, este método tem um inconveniente: se acidentalmente a solução passar para o 2º estágio e retornar para o 1º estágio, a perda da solução invalidará a amostra.

2.4.2 Método por Filtro de Membrana

Pelo método de coleta de poeira por filtro de membrana, a poeira é coletada por meio de um dispositivo apresentando os seguintes estágios.

2.4.2.1 Primeiro Estágio

No primeiro estágio é utilizado um ciclone. A função deste é separar a poeira respirável das substâncias maiores de $10\ \mu$. Com a bomba regulada em $1,7\ \text{l/min}$, o ciclone, ao receber o ar aspirado pela bomba, cria um efeito espiral, no qual a circulação tangencial separa as partículas grandes conforme os diâmetros aerodinâmicos equivalentes, que correspondem ao diâmetro de uma esfera de densidade unitária de $1\ \text{g/m}^3$, que são retidas no interior deste, enquanto que as partículas menores de $10\ \mu$ depositam-se no filtro que está no interior do cassete (Figura 4).



Figura 4 Ciclone

2.4.2.2 Segundo Estágio

No segundo estágio, as partículas iguais ou menores de $10\ \mu\text{m}$, que são poeiras respiráveis, ficam retidas em um filtro de membrana posicionado sobre o suporte de celulose, no interior de um suporte de filtro vedado. O filtro é posicionado no interior de um cassete de polipropileno formando um conjunto (Figura 5).

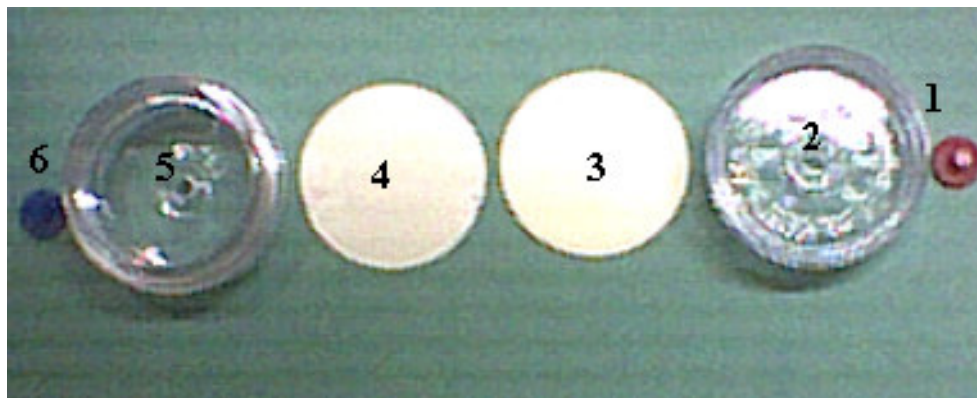


Figura 5 Conjunto de porta-filtro de poliestireno desmontado

Na Figura 5 pode-se identificar os seguintes elementos:

- a) tampa de vedação *inlet* em cor azul (tampa de saída para o ambiente) (1);
- b) tampa do cassete de poliestireno porta-filtro (2);
- c) filtro da membrana (3);
- d) suporte de celulose do filtro (4);
- e) anel central e suporte porta-filtro inferior em poliestireno (5); e
- f) tampa de vedação *outlet* em cor vermelha (tampa de entrada do ar do cassete) (6).

No conjunto porta-filtro, ao ser montado, observa-se a seguinte sequência: colocação no suporte porta-filtro inferior do suporte de celulose do porta-filtro, sobre este, o filtro de membrana, o anel central de fixação do suporte do conjunto suporte e filtro e a tampa superior do cassete e, por último, as tampas de vedação *inlet* e *outlet*. O conjunto porta-filtro montado pode ser visto na Figura 6, em vista lateral (à esquerda da figura) e superior (à direita da figura).

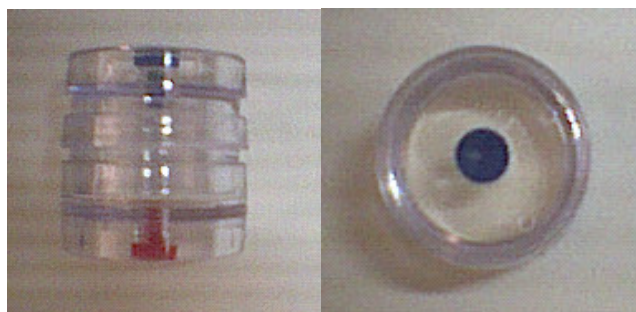


Figura 6 Conjunto de porta-filtro montado

O filtro de membrana do interior do cassete é pesado antes e depois da amostragem, sendo que o resultado desta diferença é a poeira total coletada.

Deve-se ressaltar que, ao utilizar a bomba de sucção, a escolha do tipo de filtro de membrana a ser empregado é estabelecida em função do método analítico adotado.

Para assegurar que todo o material passe através do filtro, o porta-filtro montado deve passar pelo teste de vedação, o qual, além de assegurar a perfeita vedação, testa a ruptura do cassete montado. O teste de vedação pode ser determinado através da redução da perda de carga obtida por um manômetro de coluna d'água com escala graduada em mm H₂O. A faixa e perda de carga admissível fica entre 30 mm H₂O e 50 mm H₂O, o que equivale à faixa de 294,20 Pa e 490,33 Pa.

2.5 MÉTODOS DE ANÁLISE DA POEIRA COLETADA

Os métodos preconizados e validados pelo NIOSH como os principais métodos para avaliação de sílica são os critérios que utilizam as técnicas de espectrofotometria de infravermelho (*Infrared Spectrophotometry*), espectrometria de difração de raios-X e o método de espectrofotometria de absorção visível (NIOSH, 1994a; 1994b; 1989; 2003).

A difração de raios-X (NIOSH, 2003) é capaz de distinguir as três formas de apresentação da sílica, quartzo, cristobalita e tridimita, e analisá-la simultaneamente, levando em consideração o polimorfo presente na amostra. Considera-se uma importante vantagem desta técnica o tratamento não destrutivo dado para a análise da amostra. Todavia, requer equipamento de alto custo e pessoal técnico com formação para operá-lo (DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES, 2002).

De outra forma, o método de espectrofotometria de infravermelho (NIOSH, 1989; 1994a) é menos específico que o método de difração de raios-X por não distinguir os polimórficos de sílica cristalina. Pode haver interferência nas amostras que contenham sílica amorfa, caolinita e outros silicatos (DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES, 2002).

O método de espectrofotometria de absorção visível - método 7601 da NIOSH – (NIOSH, 1994b), é menos preciso que o método de difração de raios-X e por infravermelho.

Qualquer composto que contém silício interfere na amostra, já que aplicação deste método e para determinação de silicatos (DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES, 2002).

2.6 FATORES QUE INFLUENCIAM NA METODOLOGIA

Ao coletar as amostras, devem ser observados os fatores que possam influenciar no resultado da análise da amostra coletada e, por consequência, no resultado obtido. Existem variações de ambiente de trabalho de substancial importância na amostra coletada os quais podem ser definidos como: umidade relativa do ar, velocidade do ar e sistemas de proteção de máquina que consistem na instalação de barreiras e sistema de exaustão (HAWKINS; NORWOOD; ROCK, 1991).

A umidade relativa do ar elevada aglomera as partículas, tornando-as maiores e mais pesadas, o que faz com que elas se depositem no solo. De outra forma, a proteção de máquinas atua como barreira entre o equipamento e o operador, reduzindo a quantidade a que fica exposto. De maneira auxiliar, os sistemas de exaustores aspiram às poeiras de areia, impedindo que estas cheguem ao aparelho respiratório do trabalhador.

Outro fator a considerar é a velocidade do ar que, além de dispersar pelo ambiente interno a poeira, dificulta também a coleta da amostra.

De acordo com a revisão bibliográfica exposta neste capítulo, pode-se depreender que o problema relativo à silicose atinge diversos processos produtivos envolvendo a utilização de areia (inclusive o de fundição) e, além disso, compreende diversos métodos de coleta e análise.

Assim, para atingir os objetivos propostos, o capítulo que segue ilustra a metodologia para coletar amostra visando quantificar a concentração de sílica no ambiente de trabalho do ramo de fundição.

3 MÉTODO DE PESQUISA

Este capítulo apresenta a metodologia utilizada, com base no ponto de vista de intervenção macroergonômica, e trata dos métodos e de sua abrangência para estudar a condição de trabalho dos empregados expostos à poeira contendo sílica e a prevalência de silicose nestes trabalhadores.

Assim, são expostos os métodos de intervenção ergonômica e de avaliação ambiental utilizadas, no que concerne à sílica, bem como os equipamentos, com a definição do seu funcionamento, com as quais se quantifica as concentrações de sílica sob forma de dióxido de silício (SiO_2), sendo possível estabelecer as concentrações encontradas e compará-las aos limites de exposição normalizados.

O estudo é parte de uma abordagem de cunho macroergonômico, visando o entendimento geral da situação para poder contextualizá-la e, conseqüentemente, analisá-la

3.1 ANÁLISE DA DEMANDA

A demanda serve de ponto de partida para toda a intervenção ergonômica. Segundo Guérin *et al.* (2001), as origens e as formas da demanda podem advir:

- a) da direção da empresa, correspondendo ao interesse de se ver uma nova instalação funcionando em sua capacidade máxima, rapidamente, e de modo que as condições de realização do trabalho sejam as melhores possíveis;
- b) dos trabalhadores, através de preocupações expressas diretamente fornecidas por estes ou, ainda, de instituições públicas ou organizações sindicais.

Os problemas levantados pela empresa são relativos, em sua maioria, a incômodos ou distúrbios que, quando identificados, resultam em conseqüências negativas, como acidentes, doenças ou insatisfação dos trabalhadores em relação ao trabalho.

Segundo Thiollent (1997), para melhor evidenciar a demanda é indicado que um trabalho preliminar seja realizado para estimulá-la, requerendo a participação mais intensa e prolongada dos envolvidos. Cabe, então, ao pesquisador detectar outros problemas potenciais que possam afetar a saúde dos trabalhadores e o próprio desempenho econômico da empresa.

Em geral, a maior parte dos departamentos das empresas estão, de uma maneira ou de outra, envolvidos na demanda da ação ergonômica. Eles podem possuir informações, formalizadas ou não, que dizem respeito aos problemas levantados, podendo, portanto ser, esclarecidos. “A formulação inicial é quase sempre colocada em termos de problemas a resolver, isolados de seu contexto” (GUÉRIN *et al.*, 2001).

Para Dul e Weerdmeester (2000), o trabalho de um ergonomista deve começar com um levantamento das informações existentes. Dependendo dos aspectos que se querem analisar, diferentes técnicas de análise podem ser utilizadas, destacando-se:

- a) análise de documentos e estatísticas, como índices de absenteísmo, consultas ao serviço médico e outros;
- b) observações sobre eventos relevantes, como a frequência na mudança de posturas corporais;
- c) entrevistas conduzidas por questionários mais ou menos estruturados, dependendo das circunstâncias;
- d) discussões com pequenos grupos de usuários;
- e) questionários escritos dirigidos a um grande número de usuários;
- f) métodos experimentais, para obter dados sob condições controladas, tanto em laboratório como em campo.

Moraes e Mont’Alvão (2000) complementam que não se pode observar muitas coisas ao mesmo tempo e, por isso, é fundamental limitar e definir o que se deseja. Para guiar a análise do trabalho, é necessário dispor de um modelo adaptado para a situação em estudo. Segundo Montmollin (1986), torna-se necessário um método de observação que indique como e o que deve ser observado. “A abordagem mais imediata da atividade é a observação” (GUÉRIN *et al.* 2001, p. 143). Logo, observar significa então obter uma determinada informação sobre algum aspecto da realidade.

No entanto, para que o estudo alcance a plenitude de sucesso, as diferentes estruturas hierárquicas e funcionais da empresa devem estar informadas desde o início da análise da demanda, tanto de seu conteúdo quanto dos resultados.

A caracterização da demanda pode estar fundamentada em notificações dos órgãos de fiscalização do Ministério do Trabalho, queixas dos trabalhadores, intervenção do sindicato, elevado absenteísmo por doenças, principalmente por doenças do aparelho respiratório e emissão de Comunicação de Acidente de Trabalho (CAT).

3.2 APRECIÇÃO ERGONÔMICA

Para enfrentar o problema e garantir a saúde e bem-estar dos trabalhadores, pode-se lançar mão de estudos ergonômicos que contribuem, também, para a melhoria da empresa como um todo. Para isso, o profissional ergonomista estuda como as pessoas trabalham, a fim de melhorar a saúde, a segurança do trabalhador e a produtividade da empresa. Ele também realiza análises ergonômicas para identificar, diagnosticar e propor a resolução dos problemas que afetam o desempenho das pessoas em seu trabalho.

No entanto, a ação ergonômica termina somente quando os problemas são controlados e aceitos pelos usuários dos postos de trabalho. Nesse sentido, para que a ação obtenha sucesso, é preciso que todos os envolvidos participem da solução dos problemas, da direção da empresa aos operadores de produção. Para isso, é necessário aplicar métodos e técnicas para condução das transformações necessárias. Dentro deste contexto, é possível confirmar os indicadores ergonômicos evidenciados através das análises dos fatores físico-ambientais voltados para o problema “silicose”.

3.2.1 *Análise do Processo de Fundição*

Para analisar o processo de fundição é necessária a observação da execução das atividades e do fluxo do processo de fabricação, bem como a identificação da matéria-prima, insumos, ferramentas e máquinas.

3.2.2 *Observação Sistemática*

Em primeiro lugar, é necessário analisar os processos e suas nuances. Para tal, são considerados os fluxos de processo e o *layout* produtivo, bem como a organização dos postos de trabalho e suas características estruturais.

3.2.3 *Determinação de Grupo Homogêneo*

Com base na análise do processo, torna-se então possível determinar o grupo homogêneo de exposição.

3.2.3.1 Sujeitos

Segundo Hawkins, Norwood e Rock (1991), quando um grupo de trabalhadores está exposto às mesmas condições ambientais e mesmo grupo de agentes, ou seja, quando o perfil de exposição é similar, então a escolha dos que constituirão a amostra pode ser feita ao acaso. Esta condição é denominada de Grupo Homogêneo de Exposição (GHE), e o resultado pode ser aplicado a todos os indivíduos do grupo. Porém, após a definição do grupo homogêneo, recomendam Leidel, Brusch e Lynch (1977) que, quando há suspeita de exposição do grupo acima do nível de ação, deve-se primeiramente avaliar o indivíduo mais exposto. No entanto, embora não se conheça antecipadamente qual dos indivíduos é o mais exposto, é possível identificá-lo, observando-se à distância as práticas de trabalho, a mobilidade do trabalhador, o tempo de trabalho (considerando sua permanência nas piores condições de trabalho), maior exposição ao agente, movimentação do ar devido à ventilação natural ou artificial forçada, bem como sua direção. Isto pode ser evidenciado pela apreciação ergonômica das tarefas.

Se o resultado obtido para o trabalhador identificado como o mais exposto estiver abaixo do nível de ação, pode-se afirmar que os demais trabalhadores identificados no grupo homogêneo de exposição também estão expostos abaixo do nível de ação. Caso contrário, um maior número de avaliações é necessário.

Com a finalidade de minimizar o número de amostras, mas mantendo os graus de confiança de que pelo menos um trabalhador de risco máximo será incluído, Leidel, Brusch e Lynch (1977) desenvolveram uma tabela que serve para selecionar aleatoriamente o número de trabalhadores a serem amostrados, com 90% de confiança de que no mínimo um entre os 10% mais expostos estará incluso nos indivíduos avaliados.

As normas brasileiras, através da Norma Regulamentadora 22 (NR 22), que regulamenta as condições de segurança e saúde ocupacional na mineração, também estabelece o monitoramento periódico da exposição dos trabalhadores através de grupos homogêneos de exposição (MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO, 1978).

3.2.3.2 Critério de Seleção para Avaliação dos Sujeitos

Após avaliar o *layout* de processo, são identificados os atores do (GHE) a serem avaliados quantitativamente, de forma a serem representativos os resultados para o restante do grupo. O critério adotado para seleção dos sujeitos a serem avaliados é conforme o estabelecido por Hawkins, Norwood e Rock (1991) e NR 22.17.11 do Ministério do Trabalho do Brasil.

3.2.3.3 Tomada de Decisão

A exposição ocupacional está condicionada a três alternativas possíveis: (i) o da exposição estar abaixo do nível de ação; (ii) a exposição estar acima do nível de ação; ou (iii) os dados serem insuficientes para a tomada de decisão. Hawkins, Norwood e Rock (1991) apontam dois aspectos na tomada de decisão para considerá-la como aceitável, que são os aspectos quantitativo e qualitativo, ou seja, a análise estatística e o julgamento profissional.

Hawkins, Norwood e Rock (1991) afirmam que a exposição média de longo prazo é mais relevante para o cálculo da dose ou níveis de exposição, nos casos de substâncias que possuem ação crônica sobre o organismo. A sílica é um elemento bio-acumulativo, portanto, conhecer picos de exposição a poeiras de sílica é de menor significância do que a média de exposição, pois esta é representativa da massa total inalada pelo trabalhador ou elemento a ser amostrado.

A análise estatística é bastante aplicável, sendo um instrumento valioso para determinação da exposição aos agentes na prática de segurança e saúde do trabalhador. Duas práticas são apontadas como usuais: a estatística paramétrica e não paramétrica.

A estatística paramétrica requer um maior número de suposições, utilizando como base que a distribuição da probabilidade é conhecida. Com muita frequência, os dados são insuficientes para verificar a distribuição assumida. No caso da estatística não paramétrica, tende-se a focar as medições medianas e outros percentís, não possuindo forma de distribuição. Nestes casos, a fórmula empregada para o cálculo da média é distribuição log-normal.

Perrow *apud* Guimarães (2002) define tecnologia do conhecimento como sendo a ação sobre um objeto de forma a transformá-lo. A partir desta abordagem, o autor identificou

duas dimensões da tecnologia de conhecimento: a variabilidade da tarefa e o tipo de procedimento disponível, a qual exige certo grau de conhecimento técnico. Sendo assim, para a tomada de decisão o profissional experimentado toma por base a observação do trabalho, as experiências e a própria intuição.

3.2.4 *Entrevistas*

Após a determinação do grupo homogêneo de exposição foi aplicado um questionário para todos os elementos deste grupo. Os participantes receberam um questionário com 20 perguntas, cujo objetivo foi classificar o perfil de seus integrantes. As folhas com as perguntas são entregues a cada um dos componentes do grupo homogêneo que, após esclarecimento, preencheram as lacunas de respostas, cujas perguntas eram:

- a) Sexo;
- b) Idade;
- c) Tempo de empresa;
- d) Tempo de trabalho em fundição;
- e) Qual o setor de trabalho;
- f) Trabalho anterior*;
- g) Tempo no trabalho anterior*;
- h) Período de trabalho*;
- i) Mantinha contato com areia*;
- j) É fumante;
- k) Toma medicamentos, para que e há quanto tempo.

As perguntas identificadas com um asterisco (*) devem ser repetidas quatro vezes, a fim de determinar o tempo real de exposição à poeira considerando empregos anteriores.

3.2.5 *Plano de Medição*

O plano de medições consiste na escolha do método a ser adotado, na seleção dos equipamentos, bem como dos locais a serem avaliados.

3.2.6 Análise dos Fatores Físico-Ambientais

Os equipamentos ou aparelhos necessários às análises físico-ambientais com relação à silicose, bem como o modo de utilização dos mesmos, são classificados a seguir.

Para a avaliação de poeira, utiliza-se a bomba de sucção de ar marca Gilian® 3500 (Figura 7), sendo regulado seu módulo eletrônico para vazão de 1,7 l/min, com permanência em cada amostragem não inferior a 240 min e obtendo-se, assim, o volume a partir de 408 litros.

3.2.6.1 Análise de Poeiras

O coletor de pó, a bomba amostragem, fluxo ar marca Gilian® modelo 3.500 é um equipamento dotado de um *display* de cristal líquido, onde são indicados em quatro dígitos os volumes de ar total aspirado em litros e em centímetros cúbicos por minutos (cm^3/min), o tempo em minutos da coleta, bem como o indicador de carga de bateria. As dimensões da bomba são de 8 cm por 12 cm. A bomba opera com o indicador localizado na unidade (LED), no qual é visualizado a randomização em intervalos de um segundo em unidades alfanuméricas correspondentes ao tempo em minutos, volume em unidade de litros e vazão em cc/min . A regulação da bomba é efetuada nos botões dianteiros, devidamente identificados. Comprimindo o botão liga (*power*) o *display* é ligado, o segundo passo é, através do botão *set/cal*, selecionar o volume e a taxa de fluxo (Figura 7).

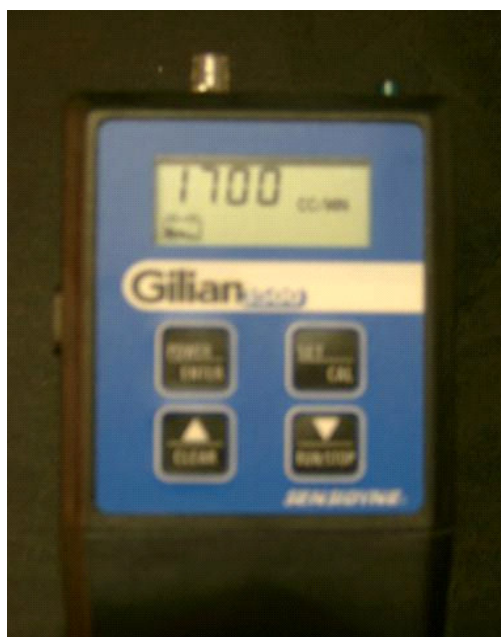


Figura 7 Bomba coletora

Em seguida, acopla-se o cassete com o filtro já pesado, montado e vedado, ao kit suporte cassete e ciclone (Figura 8), que, através de tubo transparente, é fixado à bomba.



Figura 8 Porta-cassete e ciclone

Para as análises quantitativas das amostras, é utilizado um difratômetro de Raio-X e, para qualificação e quantificação da sílica cristalina presente na amostra, emprega-se o método analítico MHA 01-D, determinação quantitativa de sílica livre cristalizada por difração de Raio-X, segundo o método da NIOSH 7500 (NIOSH, 2003).

O filtro coletor a ser empregado é o de cloreto de polivynil (PVC) com 37 mm de diâmetro e porosidade de 5 μ m, modelo CU3700PCV, marca Sensydyne (Figura 9), apoiado no interior do cassete pelo suporte de celulose de 37 mm.



Figura 9 Filtro coletor

O conjunto montado é identificado com a etiqueta apresentada na Figura 10 devidamente preenchida e afixada ao conjunto cassete montado para sua identificação.

Setor:	Cargo ou função:	Identificação da amostra:		Filtro:
Vazão:	l/min	Tempo:	Min.	Data:
Sexo:	Idade:	Tempo na função:	Tempo na empresa:	
Trabalho anterior:		Fumante:		
Toma medicamento de forma contínua:			Qual:	

Figura 10 Etiqueta de identificação da amostra

Deve-se acoplar um filtro de membrana PVC (Policarbonato de Vinil Celulose) de 5 μ m, previamente pesado em balança analítica, com precisão de 0,01 mg, no conjunto porta-filtro que, em seguida, é lacrado com fita veda rosca (Figura 8).

O filtro montado, previamente identificado através da fixação do rótulo da Figura 9, é inserido ao suporte filtro/ciclone que, através de um tubo de plástico, comunica-se com a bomba.

O conjunto porta-filtro montado deve ser fixado no trabalhador na altura da zona respiratória, a qual é considerada com ponto de referência a partir das narinas do trabalhador até 150 mm de distância com ± 40 mm de tolerância (NIOSH, 1997).

De outra forma, a bomba deve ser posicionada na cintura do sujeito durante a condição normal de trabalho, onde deve permanecer ligada e mantida até o seu desligamento.

Depois de coletada a amostra, os cassetes devidamente identificados são remetidos ao Laboratório ALAC - Tecnologia em Análise, que procederão as análises quantitativas da massa coletada e da sílica cristalina existente na amostra.

As análises quantitativas constituem-se na pesagem do filtro de membrana de PVC, antes e depois da coleta da poeira suspensa no ar. Pela diferença da massa da amostra (filtro mais massa coletada) em relação à pesagem do filtro anteriormente realizada é obtida a massa total coletada. Quanto a concentração de sílica na amostra coletada, esta é obtida através da metodologia estabelecida pelo NIOSH 7500 (NIOSH, 2003).

O instrumento utilizado dispõe de um sistema de fluxo constante. Entretanto, antes de serem iniciadas as coletas a bomba deve ser calibrada com o aparelho marca Gilian®, modelo Gilibration Sensidyne, segundo a norma NBR 105-62 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (1988), a qual consiste na calibração pelo método de bolha sabão, de bombas de baixa vazão.

3.2.7 *Análises Complementares*

3.2.7.1 Umidade Relativa do Ar

Para avaliação da umidade relativa do ar nos postos de trabalho, foi utilizado o conjunto de termômetros digital para determinação do IBUTG (Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo), o qual é composto por um Termômetro de Bulbo Seco para avaliação da temperatura do ar, um Termômetro de Bulbo Úmido e um Termômetro de Globo. É determinada a umidade relativa do ar através da utilização da tabela de determinação de umidade relativa e da carta psicrométrica.

O aparelho é posicionado sobre tripé e permanece no local a ser avaliado o tempo suficiente para sua estabilização, o qual é definido pelos padrões da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). Após transcorrido o tempo de estabilização, são efetuadas as leituras da temperatura em graus Celsius (°C), exibida no *display* digital do equipamento através do deslocamento da chave seletora, que é posicionada nos modos Termômetro de

Bulbo Seco (Tbs), Termômetro de Bulbo Úmido (Tbu) e Termômetro de Globo (Tg). Termômetro de Bulbo Úmido é envolvido por um pavio umedecido em água destilada, enquanto que o Termômetro de Globo consiste em uma esfera oca de cobre de 15 cm de diâmetro, pintada externamente de preto fosco com a finalidade de absorver o máximo possível a radiação infravermelha incidente. O Termômetro de Globo contém, ainda, um termômetro digital, cujo sensor de temperatura situa-se no centro da esfera sem manter contato com o metal.

O instrumento é calibrado anualmente pelo fabricante, em razão do elevado custo do calibrador devendo, caso não haja motivo que justifique ser antecipada.

3.2.7.2 Velocidade do Ar

Para avaliação da velocidade do ar, é utilizado um anemômetro portátil DA30, o qual permite, pelo posicionamento, identificar também sua direção. Este equipamento contém uma hélice com diâmetro definido que gira em razão da velocidade do ar em contato e, através de circuitos eletrônicos, efetua o cálculo da velocidade das hélices obtidas em rotações por minuto (RPM). Este valor, por sua vez, é transformado na unidade de distância em metros dividida pelo tempo em segundo (m/s), permitindo a leitura instantânea no *display* digital do equipamento.

O aparelho foi posicionado próximo ao corpo do trabalhador com uma das mãos. A sonda que contém a hélice é posicionada através de movimentos de rotação e efetuada a leitura no *display*, seguro na outra mão do técnico. Quando da calibração, aplica-se a metodologia já citada em 3.2.7.1.

Demais variáveis como pressão atmosférica, possíveis de interferir nas amostragens, foram desconsideradas, tendo em vista serem realizadas em condições normais de trabalho e não se constituírem no objetivo deste estudo.

O capítulo seguinte ilustra os resultados encontrados, através das análises efetuadas, bem como as avaliações complementares que possam influenciar os resultados obtidos. Neste capítulo, será descrita a metodologia adotada, passo a passo, para preparação do material, identificação e análises utilizadas.

4 RESULTADOS

Neste capítulo, são apresentados os resultados das coletas, a abordagem utilizada descrevendo os processos e a forma de realizá-lo com ilustrações obtidas através de fotos, bem como as avaliações complementares que possam influenciar nos resultados obtidos.

A abordagem do problema e diagnose da população alvo e coletas de amostras de poeira respirável foram realizadas em uma fundição de metais da grande Porto Alegre, com mais de 320 empregados entre administração, áreas de apoio e produção.

4.1 ANÁLISE DA DEMANDA

Foi realizada uma entrevista com o departamento de saúde ocupacional da empresa, na figura dos profissionais médicos, engenheiro de segurança, técnico de segurança do trabalho e da técnica em enfermagem do trabalho, os quais queixavam-se do alto índice de atendimentos e afastamento por doenças e queixas dos empregados relacionados a problemas respiratórios. Acrescido ao fato das exigências através de notificações, interdições e autos de infração e freqüentes visitas dos agentes de fiscalização do Ministério do Trabalho e sindicato dos trabalhadores e elevado absenteísmo 10% até 12% ao mês, foram analisados pelo médico do trabalho os exames médicos admissionais, periódicos e demissionais, bem como os exames complementares em especial, espirometria e Raios-X de tórax, de forma sequencial. Sendo desta forma, foi possível identificar os setores de trabalho críticos, no que diz respeito à prevalência e incidência de afastamentos e queixas relacionadas com o problema em foco.

4.2 APRECIÇÃO ERGONÔMICA

4.2.1 *Análise do Processo de Fundição*

Em termos de *layout* e fluxo, é possível dividir o processo em setores básicos, abordados individualmente a seguir. Uma reprodução em tamanho A4 da planta da empresa, com os respectivos setores assinalados, consta do Apêndice A, no final deste trabalho.

4.2.1.1 Armazenagem

Neste setor ficam armazenadas as matérias-primas e insumos tais como metais, areias e resinas. Elas são armazenadas em *box* ou no pátio, e utilizadas no processo de fundição, são estes: ferros gusa, sucatas de ferros fundidos, sucatas de aço e ferro liga, silício, cromo, manganês, molibdênio, cobre e níquel. Nesta etapa não há geração de poeira contendo sílica sendo, portanto, um ambiente de trabalho considerado de baixa exposição, devido à aspiração de poeira silicosa ser oriunda de outra tarefa ou posto de trabalho.

4.2.1.2 Fabricação de Machos e Moldes

São etapas do processo intrinsecamente ligadas. Os machos são fabricados através do uso de areia *in natura* e aditivos. São utilizados dois métodos para sua confecção: o método máquina *Shell Molding* e o método CO_2 .

No método *Shell Molding*, ou cura a quente, cuja origem do nome está no fabricante da máquina, a areia é posicionada em reservatórios, são afixadas nas placas, as ferramentas com o formato dos machos e acionada, a máquina pelo operador, esta realiza o ciclo que consiste em fechar os moldes, injetar sobre pressão a areia, e retirar o macho ao abrir as fôrmas. Os machos são rebarbados manualmente em bancada e a partir daí estão prontos a serem colocados nas caixas de vazamento.

No método CO_2 , ou cura a frio, a areia virgem com aditivos é compactada diretamente no interior da caixa de vazamento pelo macheiro. Para provocar a reação de compactação é injetado no interior do macho dióxido de carbono (CO_2) sob pressão, conforme ilustrado pela Figura 11. Após, são retirados e rebarbados manualmente. Ambos os setores são considerados de alta exposição à sílica.



Figura 11 Injeção de dióxido de carbono (CO₂)

4.2.1.3 Moldação

Neste setor, as caixas recebem a areia processada e, com seus respectivos machos posicionados, são levadas às canchas de vazamento onde recebem o metal líquido. É um setor considerado de alta exposição à sílica.

4.2.1.4 Vazamento do Metal na Cancha de Vazamento

Na cancha de vazamento, o metal líquido é transferido para os moldes através de painéis. Aguardam o resfriamento sendo após desmoldado, ou seja, abertos para retirada da peça fundida e é feito derrubamento dos bolos (areia mais peças). Nesta atividade a exposição à areia contendo silicose é considerada de alta exposição.

4.2.1.5 Acabamento

Inclui os setores de quebra de canais, rebarbação, jateamento de granalha e pintura. Após as peças terem sido desmoldadas, são retirados os canais de vazamento e suspiros, que seguem em empilhadeiras e são transportados até a rebarbação. Nesta atividade o rebarbador está exposto a grande concentração de poeira metálica e poeira contendo sílica. Após as peças são transportadas até a jateadora de granalha, colocadas à pá no interior dos cilindros, fechadas e acionadas. Nesta atividade, a exposição à poeira contendo silicose é baixa, por se

tratar de um processo fechado, utilizar micro esferas metálicas e possuir filtro de manga, filtro este que serve para reter a poeira gerada no processo.

No processo de pintura, as peças rebarbadas e jateadas são imersas em tintas do tipo Primer®. Nestes setores e atividades, a exposição à sílica é considerada mínima.

4.2.1.6 Descrição das Etapas do Processo

A Figura 12 apresenta o fluxo de processo da fundição na qual foi desenvolvido o presente trabalho. É possível afirmar que o fluxo delineado se assemelha aos fluxos de processo de demais fundições de metais que reutilizam a areia.

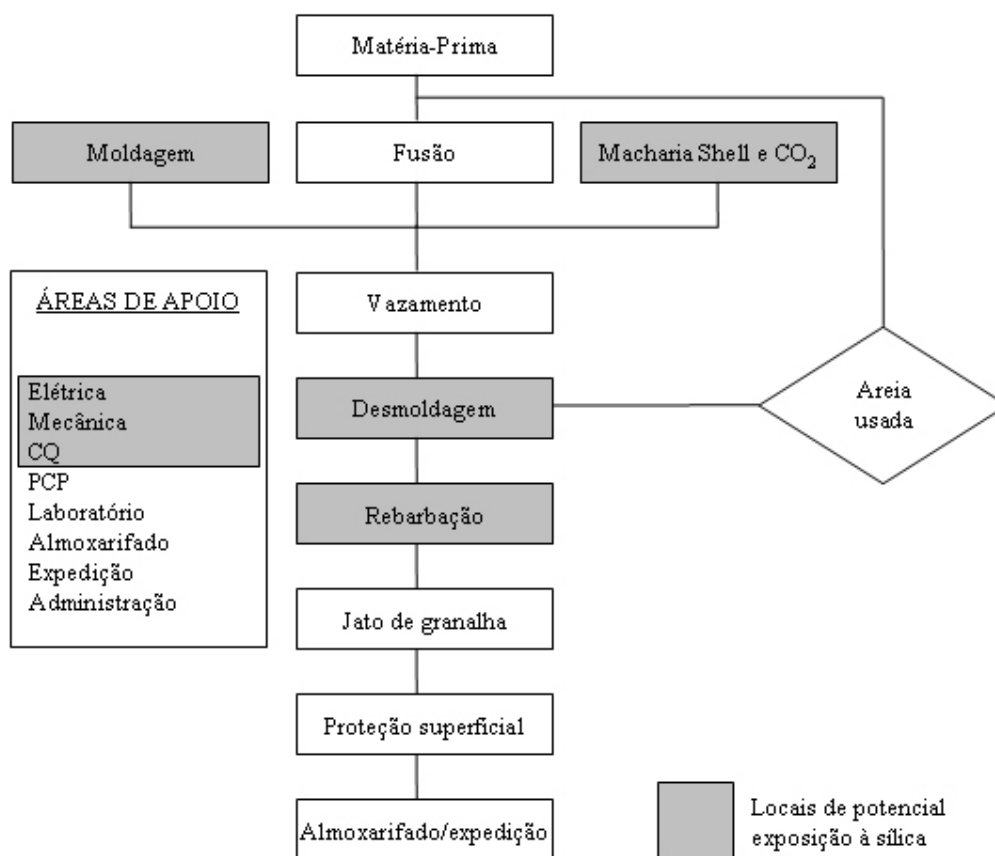


Figura 12 Fluxograma de processo

Ressalta-se que também foi considerado o posto de trabalho do setor de galeria. Este posto localiza-se no subsolo, e é considerado como área confinada. É através do setor de galeria que a areia processada retorna ao início do processo por uma correia transportadora.

Neste, a atuação é constante e relevante para o estudo, tendo em vista a necessidade do realinhamento da correia transportadora e o acúmulo da areia sobre esta, o qual é causa de transbordamento, dificultando assim o fluxo de retorno e exigindo intervenções freqüentes. A reposição da areia sobre a correia é feita com o auxílio de uma pá e, em consequência da movimentação da areia, há o acúmulo de poeira no ar acrescido ao fato de que, para melhoria da sensação térmica, são utilizados ventiladores industriais de alta velocidade, os quais disseminam a poeira por todo o ambiente.

No que se refere ao objetivo geral do presente trabalho, este se restringe à exposição dos trabalhadores à sílica, em particular no processo de fundição de metais no qual é reutilizada a areia. Porém, não foram desconsiderados os processos em que são utilizadas areias virgens, bem como jornadas de trabalho que excedam a 40 horas semanais e com alternância de atividades.

A coleta de amostra foi realizada no posto de trabalho, em condições normais, ou seja, não foram desligados ventiladores, exaustores ou eliminadas proteções de máquinas. No dia e horário das coletas foram avaliadas: umidade relativa do ar, temperatura do ar, temperatura radiante, temperatura de bulbo úmido e IBUTG (Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo).

O processo de obtenção da peça, segundo o fluxo produtivo, foi determinante na identificação dos postos de trabalho através do qual foi organizado o plano de medições.

Do ponto de vista da matéria prima utilizada no processo de fundição, é considerada todo aquele material que entra no processo e permanece até o produto final, são estes: ferros gusa, sucatas de ferros fundidos, sucatas de aço e ferro liga. As sucatas de ferro fundido provenientes da remoção dos canais de vazamento e as peças refugadas no processo são reaproveitadas, retornam como matéria prima ao processo e são postas em circulação para a formação de novas peças.

O ferro gusa (Figura 13) é o ferro base, obtido através da redução do minério de ferro. Trata-se de uma liga de ferro-carbono obtida em alto forno e fundida em molde padrão de formato piramidal, de aproximadamente 4,5 kg, ou trapezoidal, com cerca de 6,5 kg, dividindo-se em 3 categorias de acordo com sua especificação química: ferro gusa de fundição, ferro gusa nodular e ferro gusa com composição química especificada e conhecida.



Figura 13 Ferro gusa

No que diz respeito à sucata de aço (Figura 14), esta é composta de peças metálicas sucata que são compradas no mercado de retalhos de estamparia, de oxi-corte e forjaria. Ela é usada para balancear o teor de carbono e baratear a carga a ser fundida.



Figura 14 Tipos de sucatas a serem utilizadas como matéria-prima

Um outro elemento importante utilizado é o ferro liga. Este é composto de ligas de ferro com outros metais, tais como: silício, cromo, manganês, molibdênio, cobre e níquel, sendo usado, neste caso, para balancear a composição química da carga.

As adições necessárias para dar as características do produto e viabilizar o sucesso do processo de fabricação são também conhecidas como insumos ou materiais auxiliares do processo de fundição de ferro. Neste caso, são as areias silicosas, bentonita, pó de carvão, farinha de milho e água que são utilizados para a confecção de moldes.

Na confecção de machos⁴ são empregados insumos tais como: areia coberta, tinta refratária, dióxido de carbono e resinas.

A carga metálica é transportada dos boxes de sucata por ponte rolante com eletroímã na extremidade (Figura 15). Desta forma, é possível alimentar o forno cubilô com peças a serem aquecidas até o estado líquido. Este forno se divide em três zonas principais: alimentação, pré-aquecimento e separação metal escória, ou seja, as zonas superior, intermediária e inferior, respectivamente. Assim, possibilita-se o vazamento do metal líquido nas panelas de vazamento.



Figura 15 Ponte rolante com eletroímã

⁴ Macho é construído em areia e é considerado um antagonista, pois é responsável pelo preenchimento dos vazios que formam as partes ocas da peça concluída.

São utilizadas como fontes energéticas combustíveis o coque de petróleo, coque de carvão energia elétrica e gás liquefeito de petróleo (GLP). A queima é enriquecida com adição de O_2 (oxigênio) insuflado diretamente no forno.

Os fornos de fusão são aquecidos por eletrodos ou insuflamento de chama produzida pela queima de gases inflamáveis do tipo GLP (Gás Liquefeito de Petróleo), que elevam a temperatura interna acima do ponto de fusão dos materiais. Estes fornos normalmente têm sua carcaça revestida por chapas metálicas, que possuem uma camada de revestimento interno com material refratário (tijolos e cimento refratário). Este aspecto construtivo tem a finalidade de evitar a perda de calor.

O ferro no estado líquido é diretamente envasado em recipientes de chapa de aço, tendo estes aspecto de panelas, sendo revestidos com areia silicosa, silicato de sódio, tijolo refratário e cimento refratário de volume reduzido. As panelas são conduzidas pelos vazadores (operadores) penduradas em monovias, e o seu conteúdo é derramado nos moldes de areia à espera do metal em estado líquido, conforme ilustrado pela Figura 16.



Figura 16 Vazamento com panela

Três componentes de fabricação são imprescindíveis para a execução da peça a ser vazada. Todas estas, individualmente, dependem da execução dos moldes, dos machos e do

modelo, de forma que para cada peça produzida deverá haver um macho. E, dependendo do tamanho, são dispostos mais de um nas caixas de vazamento.

A complexidade do desenvolvimento do modelo do molde e, em essencial, do macho, é proporcional às características da peça, ou seja, quanto mais sofisticada for a peça, igualmente será a tecnologia de fabricação destes modelos. Nesse contexto, o modelo é considerado a réplica da peça e o molde representa o antagonista (espelho) das faces externas. O macho, por sua vez, também é considerado um antagonista, pois é responsável pelo preenchimento dos vazios que formam as partes ocas da peça concluída.

O molde é produzido através da compactação da areia de fundição sobre o modelo que, posteriormente, será retirado para que se forme o espaço vazio onde será entornada a liga de metal. Tal areia é composta de materiais especiais para suportar as altas temperaturas da fundição.

Para a fabricação de uma única peça pode ser necessária a utilização de mais de uma dezena de machos atuando de forma simultânea e complementarmente. A Figura 17 ilustra o acabamento dos machos.



Figura 17 Acabamento de machos

4.2.1.7 Processo de Obtenção de Machos

Para confeccionar os machos, utiliza-se a areia sintética, conhecida também como areia verde. Esta é composta de uma mistura de areia silicosa com bentonita, pó de carvão e farinha de milho pré-gelatinizada. A areia silicosa é a areia do mar ou lagoa à base de sílica, sendo que a bentonita é a argila de jazidas e sua função é dar liga à mistura. O pó de carvão é utilizado para dar um melhor acabamento superficial à peça e também para criar uma atmosfera redutora na cavidade do molde no momento do vazamento evitando a explosão. No que concerne à farinha de milho, trata-se de um aditivo orgânico que proporciona maior plasticidade ao molde e resistência, quando em estado denominado de verde (sem cozimento). O molde então é confeccionado com areia sintética, compactado sobre as duas faces da placa, copiando o contorno dos moldes. A Figura 18 indica o processo de trabalho com areia sintética.



Figura 18 Confeção do molde com areia sintética

Os dois tipos de processo para a obtenção de machos mais comuns são os denominados: Processo Shell, ou cura a quente (Figura 19) e o Processo CO₂, ou cura a frio (Figura 20).

No processo Shell, ou cura a quente, utiliza-se para fabricação do macho areia coberta com resina fenólica que, em presença do calor, se polimeriza, dando liga entre os grãos de areia e tornando-a, assim, mais resistente. São obtidos em máquinas sopradoras do tipo Shell, mostradas na Figura 19.



Figura 19 Processo do tipo Shell (cura a quente)

No processo CO₂, ou cura a frio, coloca-se areia previamente misturada com uma resina especial em uma caixa de aço, onde uma metade do modelo é acomodada para formar a peça. Faz-se o mesmo procedimento com a outra metade do modelo, injeta-se CO₂ em orifícios feitos na areia que, reagindo com uma resina previamente misturada, faz com que a mesma endureça. Endurecida a areia, o modelo é retirado e as duas partes dos moldes são unidas (Figura 20).



Figura 20 Processo CO₂ (cura a frio)

Preparadas as caixas de vazamento com seus respectivos machos posicionados, estas são levadas às canchas de vazamento. No vazamento, os moldes oriundos do setor de moldação recebem o metal líquido da fusão, que é transferido aos moldes através de panelas (Figura 21).



Figura 21 Transferência do metal líquido

Envasado o metal, aguarda-se o seu resfriamento até atingir a solidificação. Posteriormente, é feita a desmoldagem, ou seja, as caixas são abertas para retirada da peça fundida através da derrubada destas sobre uma plataforma vibratória, onde são separadas a areia das peças (Figura 22), seguindo então, para o setor de quebra de canais de vazamento e suspiros. Tais canais e suspiros, depois de removidos, são reaproveitados como matéria prima.



Figura 22 Plataforma vibratória

As peças vibrando separam-se da areia e por gravidade, deslizam para o setor de remoção de canais e suspiros. Quanto à areia, esta cai por gravidade sobre esteiras, retornando ao processo através da galeria e, depois de analisadas, recebem a adição de 5% a 10% de areia nova.

As peças, então, seguem para o setor de rebarbação, onde são retirados excessos de rebarbas de canais, suspiros e cunhas, com a utilização de pedras abrasivas (conforme ilustrado na Figura 23), disco de corte, disco de desbaste e jateamento com micro esferas (jato de granalha). O acabamento das peças é obtido através do processo de remoção de rebarbas por jato de micro-esferas, ponta montada e esmerilhamento.



Figura 23 Remoção de rebarba com peça abrasiva

Em seguida ao processo de acabamento (constituído pelas atividades de rebarbação e jateamento), as peças são imersas em óleo mineral ou tintas *primer*. Assim, depois de banhadas em óleo ou pintadas, as peças estarão devidamente protegidas contra a oxidação. Seguem, então, para armazenagem no almoxarifado de peças prontas a fim de serem expedidas.

O processo de fundição utilizado na empresa investigada contempla o reaproveitamento da areia para a obtenção das peças. Entretanto, na fabricação de machos

utiliza-se areia *in natura* por ser, no momento, tecnicamente inviável a utilização de areia reprocessada.

4.2.2 *Observação Sistemática*

Através de visitas sistemáticas, procedeu-se com a observação dos postos de trabalho segundo o fluxo de processo, com enfoque direcionado para a atividade realizada no que diz respeito à geração e exposição à poeira contendo sílica.

Constatou-se que os postos de trabalho são organizados de forma a tornar linear o fluxo de fabricação das peças e, desta forma, minimizar as movimentações de peças. Também foi possível observar que, com exceção da atividade de fabricação de machos pelo método *Shell Molding* e parte da atividade de moldação, o restante do processo é artesanal e, desta forma, dependente da execução direta do trabalhador.

Da mesma forma, constatou-se através da observação sistemática que todas as atividades são realizadas em um único pavilhão coberto, com piso de cimento alisado e paredes laterais e frontais construídas em alvenaria. O fundo do pavilhão não possui parede, o que melhora a ventilação interna porém, uma vez que esta ainda é insuficiente, há compensação com uso de ventiladores do tipo industrial. Observou-se, também, que a reduzida troca de ar com o ambiente externo propicia o acúmulo de poeira, a qual é dispersa no ambiente pelos ventiladores.

4.2.3 *Determinação de Grupo Homogêneo*

4.2.3.1 Sujeitos

De posse da análise da demanda e através da observação sistemática dos postos de trabalho, pôde-se definir o grupo homogêneo de exposição. Este grupo foi identificado como os trabalhadores das atividades das funções e setores constantes da Tabela 4, aos quais foram aplicados questionários para identificação do perfil do grupo (Apêndice B).

Tabela 4 Função e setor

Função	Setor
Ajustador de Modelagem	Modelagem
Macheiro A	Macharia
Macheiro	Macharia
Auxiliar Geral	Desmoldagem BNN
Mecânico A	Galeria
Rebarbador	Rebarbação
Jaqueteiro A	Vazamento
Auxiliar Geral	Fusão
Auxiliar Geral	Controle de Qualidade
Auxiliar Geral	Fusão

4.2.3.2 Critério de Seleção para Avaliação dos Sujeitos

Depois de disponibilizados o monitoramento médico bem como maior número de notificações, interdições, autos de infrações e queixas, foram selecionados os trabalhadores dos setores e atividades que apresentavam o maior tempo de função.

4.2.3.3 Tomada de Decisão

Da mesma forma, foi definido o grupo homogêneo de trabalho como sendo os empregados que desempenham suas atividades nos mesmos setores e função da tabela 4.

4.2.4 *Entrevistas*

Todos os participantes do grupo homogêneo receberam o questionário que está apresentado no Apêndice B em local e horário previamente determinados. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 5 e serviram para identificar o tempo de exposição a sílica considerando não só o tempo na empresa atual, se tabagista ou não ou usuário de medicamento contínuo.

Tabela 5 Resultado da entrevista individual

Amostra	Setor	Função	Trabalho Anterior	Idade	Tempo na Função (anos)	Sexo	Fumante	Tempo na Empresa (anos)	Toma Medicamento	Qual Medicamento
1	Modelagem	Ajustador de Modelagem	Metalúrgica	35	15	M	Não	3,5	Não	-
2	Macharia	Macheiro A	Fundição	53	30	M	Não	11	Não	-
3	Macharia	Macheiro	Fundição	41	24	M	Não	5	Não	-
4	Desmoldagem	Auxiliar Geral	Fundição	42	6	M	Não	1	Não	-
5	Galeria	Mecânico A	Metalúrgica	37	16	M	Sim	2	Não	-
6	Rebarbação	Rebarbador	Metalúrgica	38	7	M	Sim	7	Sim	Hipertensão Arterial
7	Vazamento	Jaqueteiro A	Aciaria	43		M	Não	2	Não	-
8	Fusão	Auxiliar Geral	Metalúrgica	41	3	M	Não	0,58	Não	-
9	Controle de Qualidade	Auxiliar Geral	Office Boy	23	1	M	Sim	1	Não	-
10	Fusão	Auxiliar Geral	Metalúrgica	43	2	M	Não	2	Não	-

A média de idade do grupo é de 39,6 anos. Entretanto, se forem desconsiderados os dois extremos, a média de idade fica em 40 anos. Por outro lado, a média do tempo de trabalho em fundição é de 10,5 anos. Outro fator relevante é que 30% da amostra é de fumantes e somente 1 faz uso de medicamento de uso contínuo (contra hipertensão).

4.2.5 Plano de Medição

Foram considerados, entre os indivíduos selecionados, os de maior tempo de trabalho, os empregados mais assíduos dos setores de matéria-prima, insumos, moldação, macharia, fusão, vazamento, desmoldagem, rebarbação, jateamento, manutenção elétrica, mecânica, laboratório, controle de qualidade. A classificação quanto à exposição à sílica dos mesmos em níveis (baixa, média e alta) é apresentada na Tabela 6.

Tabela 6 Demonstrativo de exposição à poeira por setor

Setor	Baixa	Média	Alta
Matéria-Prima	X		
Insumos	X		
Moldação			X
Macharia			X
Fusão		X	
Vazamento			X
Desmoldagem			X
Rebarbação			X
Jateamento	X		
Tratamento Superficial	X		
Manutenção Mecânica			X
PCP	X		
Laboratório	X		
Controle de Qualidade			X
Almoxarifado	X		

Foram coletadas 10 amostras de poeira respirável do total de trabalhadores considerados como grupo homogêneo do resultado das coletas de poeira e avaliações complementares, cujos resultados serão discutidos mais adiante neste trabalho. Os laudos das análises de laboratório destas amostras estão inclusos no Anexo A, ao fim deste trabalho.

4.2.6 *Análise dos Fatores Físico-Ambientais*

Com base na identificação da população alvo e dos postos de trabalho onde existe o contato com o agente físico (poeira), foi realizada a avaliação do ambiente de trabalho, sendo priorizadas as seguintes etapas:

- coleta de poeira;
- avaliação de outros agentes ambientais que possam interferir nos resultados (tais como velocidade do ar, umidade relativa do ar, índices de IBUTG - Índice de Bulbo Úmido/Termômetro de Globo);
- análise da poeira coletada;
- comparação com os LT (limite de tolerância) normalizados;
- Indicadores biológicos dos exames médicos periódicos e demissionais de espirometria e Raios-X de Tórax.

4.2.6.1 Análise de Poeiras

Retirada a amostra do operador, o conjunto montado é removido o cassete lacrado com as tampas azul e vermelha e rotulado com dados de calibração do instrumento, local de trabalho, posto de trabalho, cargo do empregado e identificação da amostra. As identificações dos empregados foram feitas e anotadas em folha que permaneceram com o técnico.

Antes de posicionar o conjunto mostrador no trabalhador, a bomba foi regulada segundo as normas, para o caso, com configuração de vazão igual a 1.700 l/min. e volume de não inferior a 400 litros ou superior a 800 litros. Desta forma, será obtido o tempo de 235,3 minutos – expressão (11) - até 470,5 minutos – expressão (12) - e, com estes valores, será mantida no ciclone a taxa de fluxo de 1,7 l/min., suficiente para que as partículas superiores a 10 µm fiquem retidas no interior do ciclone enquanto as demais se depositem sobre o filtro no interior do cassete. A partir destes valores, são obtidos o volume coletado de acordo com as expressões (11) e (12).

$$\left[235,3 \text{ (minutos)} = \frac{400 \text{ l}}{1,700 \text{ l/min}} \right] \quad (11)$$

$$470,6' \text{ (minutos)} = \frac{800 \text{ l}}{1,700 \text{ l/min}} \quad (12)$$

A bomba regulada foi montada e fixada na cintura do operador, e o porta cassete montado foi posicionado à altura do aparelho respiratório do trabalhador (Figura 24), permanecendo o mesmo tempo estabelecido na bomba.



Figura 24 Posição do conjunto ciclone cassete

Posicionada a bomba e o coletor, foram realizadas as coletas de poeira em todos os trabalhadores do grupo homogêneo de exposição.

A bomba foi calibrada pelo método de bolha sabão, de bombas de baixa vazão, segundo a norma NBR 105-62, na Special Mitec (representantes no Brasil dos equipamentos *Guilian®*). O filtro coletor de membrana de PVC de 5 μm , previamente pesado pela ALAC, foi montado, vedado e identificado.

4.2.7 *Análises Complementares*

4.2.7.1 Umidade Relativa do Ar

Para avaliação da umidade relativa do ar, foi utilizado o equipamento composto de Termômetro de Bulbo Seco (Tbs), Termômetro de Bulbo Úmido (Tbu) e Termômetro de Globo (Tg), marca Instruterm® com mostrador digital (Figura 25). Os valores da umidade relativa do ar referem-se aos setores onde foram realizadas as amostragens de poeira silicosa e aos resultados da diferença entre Tbs e Tbu, os quais foram utilizados na determinação da umidade relativa através da Tabela 7.



Figura 25 Termômetro de avaliação de IBUTG

As avaliações foram realizadas no dia 21 de março de 2004, nos horários compreendidos entre 08h e 15min e 17h, por postos de trabalho e locais de atividade em sua normalidade de funcionamento.

A unidade foi programada para leitura em graus Celsius coincidente com as impressas no módulo, com tolerância de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$. As medições foram realizadas à altura da

região do corpo mais atingida com a utilização de tripé regulável tipo telescópico, conforme estabelece a NR15, Anexo 13 (MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO, 1978). O equipamento foi configurado para padrões operacionais normais, com os seguintes tempos de estabilização:

- a) Termômetro de Bulbo Úmido Natural (TBN) = 20 minutos.
- b) Termômetro de Globo (TG) = 25 minutos.
- c) Termômetro de Bulbo Seco (TBS) = 20 minutos.

O intervalo entre cada ponto avaliado respeitou um tempo mínimo de 30 minutos para estabilização do termômetro de maior tempo. Foi utilizado tripé metálico, com movimentos em três planos, medidor de temperatura digital composto de Termômetro de Globo, Termômetros de Bulbo Úmido e Termômetro de Bulbo Seco.

A técnica empregada para determinação do IBUTG para avaliação de carga térmica em locais de trabalho seguiu as indicações da NR 15, Anexo 03 (MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO, 1978).

O cálculo do IBUTG foi obtido através da expressão (13) e os resultados estão apresentados na Tabela 8.

$$\text{IBUTG} = (tg \times 0,3) + (tbn \times 0,7) \quad (13)$$

A avaliação da umidade relativa do ar foi obtida através da diferença entre as temperaturas de bulbo seco e de bulbo úmido nos postos de trabalho investigados, de acordo com a Tabela 7. Assim como os valores de IBUTG, estes resultados constam da Tabela 8.

Tabela 7 Tabela para determinação da umidade relativa do ar através da diferença entre Tbs e Tbu

Δt t_s	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10
3	92	84	76	69	62	54	47	40	32	25	12	*	*	*	*
4	93	85	77	70	63	56	49	43	35	29	16	*	*	*	*
5	93	86	78	72	65	58	51	45	38	32	30	*	*	*	*
6	94	87	80	73	66	60	54	47	41	35	23	11	*	*	*
7	94	87	81	74	67	62	54	49	43	38	26	15	*	*	*
8	94	88	82	75	69	64	56	51	46	40	29	19	*	*	*
9	94	88	82	76	70	65	59	53	48	42	32	22	12	*	*
10	94	89	83	77	71	66	61	56	51	45	35	26	17	*	*
11	94	89	83	78	72	67	66	57	52	47	37	28	19	*	*
12	94	89	84	78	73	68	63	58	53	48	38	30	21	*	*
13	95	89	84	79	74	69	64	60	55	50	40	32	24	15	*
14	95	90	85	79	75	70	65	61	57	52	48	34	26	18	*
15	95	90	85	80	76	71	66	62	58	53	44	36	28	20	13
16	95	90	85	80	77	72	67	63	59	55	46	38	31	23	16
17	95	90	86	81	77	72	68	64	60	56	48	40	36	25	18
18	95	90	86	82	78	73	69	65	61	57	49	42	35	27	20
19	95	91	87	82	78	74	70	66	62	58	51	44	37	29	22
20	96	91	87	83	79	74	71	66	63	59	58	45	38	31	24
21	96	91	87	83	79	75	71	67	64	60	53	45	39	32	26
22	96	91	88	84	80	76	72	68	64	61	54	47	41	34	28
23	96	92	88	84	80	77	73	69	65	62	54	48	42	36	30
24	96	92	88	85	81	77	74	70	66	63	55	49	43	37	31
25	96	92	88	85	81	78	75	71	67	64	56	51	45	39	36
26	96	92	89	85	81	78	75	71	67	64	58	52	46	40	35
27	96	93	90	86	82	79	76	72	69	65	59	53	47	41	36
28	96	93	90	86	82	79	76	72	69	66	60	54	48	42	37
29	96	93	90	86	82	79	76	73	70	66	61	55	49	43	38
30	96	93	90	86	82	79	76	73	70	66	61	55	50	44	39
31	96	93	90	86	82	80	77	73	70	67	61	56	51	45	40
32	96	93	90	86	83	80	77	73	71	68	62	57	52	46	41
33	96	93	90	86	83	80	77	74	71	68	63	57	58	47	42
34	96	93	90	87	83	80	77	74	71	69	63	58	52	48	43
35	97	93	90	87	84	81	78	74	72	69	64	59	53	49	44
36	97	93	90	87	84	81	78	75	72	70	64	59	54	50	45
37	97	93	90	87	84	81	78	75	73	70	65	60	54	51	46
38	97	93	91	88	85	82	79	75	73	70	66	61	55	51	46
39	97	94	91	88	85	82	79	76	74	71	66	61	56	52	46
40	97	94	91	88	86	82	79	76	74	71	66	61	56	52	47
41	97	94	91	88	86	83	80	76	75	71	67	62	57	53	47
42	97	94	91	88	86	83	80	77	75	72	67	62	57	53	48
43	97	94	91	89	87	83	80	77	76	72	67	62	58	54	48
44	97	94	91	89	87	84	81	77	76	72	68	63	58	54	48
45	97	94	91	89	87	84	81	78	76	73	68	63	59	55	49

Fonte: Bonadiman (1993)

O equipamento foi calibrado com seu módulo de calibração segundo o padrão especificado pelo fabricante.

4.2.7.2 Velocidade do Ar

Para a medição da velocidade do ar foi utilizado o anemômetro digital DA30, com faixa de medição de 0 m/s até 45 m/s e precisão de +/- 3% ou 1 dígito, composto de uma haste de 0,60 metro de comprimento. Em uma de suas extremidades, há um rotor com hélice que gira em função da velocidade da massa de ar que passa através dela. A outra extremidade é conectada ao leitor digital de velocidade, no qual se faz a leitura em unidade de metros por segundo (m/s) de forma instantânea.

Na Tabela 8 são apresentados as temperaturas Tbs, Tbu e TG e os valores de IBUTG, umidade relativa e velocidade do ar mensuradas.

Tabela 8 Resultados de temperatura, IBUTG, umidade relativa e velocidade do ar por setor

Amostra	Setor	Tbu (°C)	Tbs (°C)	TG (°C)	Umidade Relativa (%)	Velocidade do Ar (m/s)
1	Modelagem	20,2	24,9	27,0	59	3,4
2	Macharia	20,5	24,9	26,7	58	3,5
3	Macharia	20,3	24,9	26,5	59	3,4
4	Desmoldagem	24,1	26,4	27,8	80	2,8
5	Galeria	22,7	25,9	26,0	92	3,4
6	Rebarbação	25,7	29,8	27,2	71	3,6
7	Vazamento	25,4	28,8	29,5	66,5	3,5
8	Fusão	21,5	26,0	27,8	64	3,5
9	Controle de Qualidade	20,2	24,9	26,0	60	1,9
10	Fusão	20,5	24,9	27,8	59	3,5

A Tabela 9 contém os resultados obtidos referente às coletas de amostras agrupadas de acordo com setor e função, com o respectivo tempo de duração de amostragem, resultado da concentração de sílica existente na amostra e limite de tolerância, segundo os critérios da *American Conference of Governmental Industrial Hygienist* (2003).

Foi considerado o nível de ação de 50% do limite de tolerância, valor acima do qual devem ser iniciadas ações preventivas de forma a minimizar a probabilidade de que as exposições a agentes ambientais ultrapassem os limites de exposição, segundo estabelecido no Anexo 12 da Norma Regulamentadora 15 e definido pela Norma Regulamentadora 09 (MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO, 1978).

Tabela 9 Resultado obtido por setor e função

Amostra	Setor	Função	Identificação da Coleta	Tempo de Duração da Amostragem (minutos)	Resultado (mg/m ³)	Limite de Tolerância ACGIH (mg/m ³)	Nível de Ação NR09 (mg/m ³)
1	Modelagem	Ajustador de Modelagem	M2	240	<= 0,01	0,01	0,005
2	Macharia	Macheiro A	MA3	246			
3	Macharia	Macheiro	MA4	240			
4	Desmoldagem	Auxiliar Geral	DESBNN	240			
5	Galeria	Mecânico A	G6	240			
6	Rebarbação	Rebarbador	R7	239,4			
7	Vazamento	Jaqueteiro A	VZ8	240			
8	Fusão	Auxiliar Geral	F9	243			
9	Controle de Qualidade	Auxiliar Geral	CO9	243			
10	Fusão	Auxiliar Geral	F10	243			

A Tabela 10 contém os resultados obtidos referentes à coleta de poeira respirável (R) de amostras agrupadas de acordo com setor e função, a massa coletada, com os resultados da sílica encontradas e o seu respectivo percentual em relação à massa.

Tabela 10 Resultados obtidos % de poeira respirável e massa

Amostra	Setor	Função	Identificação da Coleta	Tipo de Poeira	Massa (mg)	Sílica (mg)	Sílica %
1	Modelagem	Ajustador de Modelagem	M2	R	0,21	<=0,01	<=4,76
2	Macharia	Macheiro A	MA3	R	0,16	<=0,01	<=6,25
3	Macharia	Macheiro	MA4	R	0,09	<=0,01	<=11,11
4	Desmoldagem	Auxiliar Geral	DESBNN	R	0,33	<=0,01	<=3,03
5	Galeria	Mecânico A	G6	R	298	<=0,01	0,00
6	Rebarbação	Rebarbador	R7	R	0,79	<=0,01	<=1,27
7	Vazamento	Jaqueteiro A	VZ8	R	0,32	<=0,01	<=3,13
8	Fusão	Auxiliar Geral	F9	R	0,26	<=0,01	<=3,85
9	Controle de Qualidade	Auxiliar Geral	CO9	R	0,27	<=0,01	<=3,70
10	Fusão	Auxiliar Geral	F10	R	0,10	<=0,01	<=10,00

A Tabela 11 traz resultados das mesmas amostras coletadas por setor e função, tipo de poeira considerada segundo Tsuda *et al.* (2002), na qual consta a massa total coletada na amostra e o respectivo percentual de sílica cristalina existente por setor e cargo, e o valor de sílica na amostra, segundo critério da OSHA.

Tabela 11 Resultados obtidos de massa coletada e percentual de sílica

Amostra	Setor	Função	Massa (mg)	Sílica (%)
1	Macharia	Macheiro	0,09	<=11,11
2	Fusão	Auxiliar Geral	0,10	<=10,00
3	Macharia	Macheiro A	0,16	<=6,25
4	Modelagem	Ajustador de Modelagem	0,21	<=4,76
5	Fusão	Auxiliar Geral	0,26	<=3,85
6	Vazamento	Jaqueteiro A	0,26	<=3,85
7	Controle de Qualidade	Auxiliar Geral	0,27	<=3,70
8	Desmoldagem	Auxiliar Geral	0,33	<=3,03
9	Rebarbação	Rebarbador	0,79	<=1,27
10	Galeria	Mecânico A	298	0,00

Na Figura 26 são ilustradas as concentrações de sílica na massa coletada por setor.

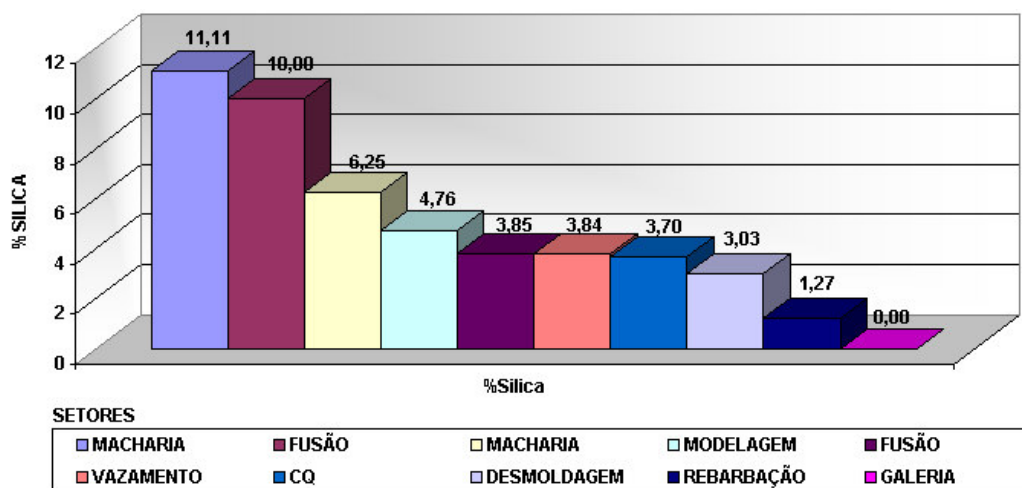


Figura 26 Concentração de sílica por setor em ordem decrescente

A Figura 27 apresenta o percentual de sílica na massa coletada e os limites de tolerância estabelecidos pelas normas NIOSH, OSHA, ACGIH e Ministério do Trabalho do Brasil.

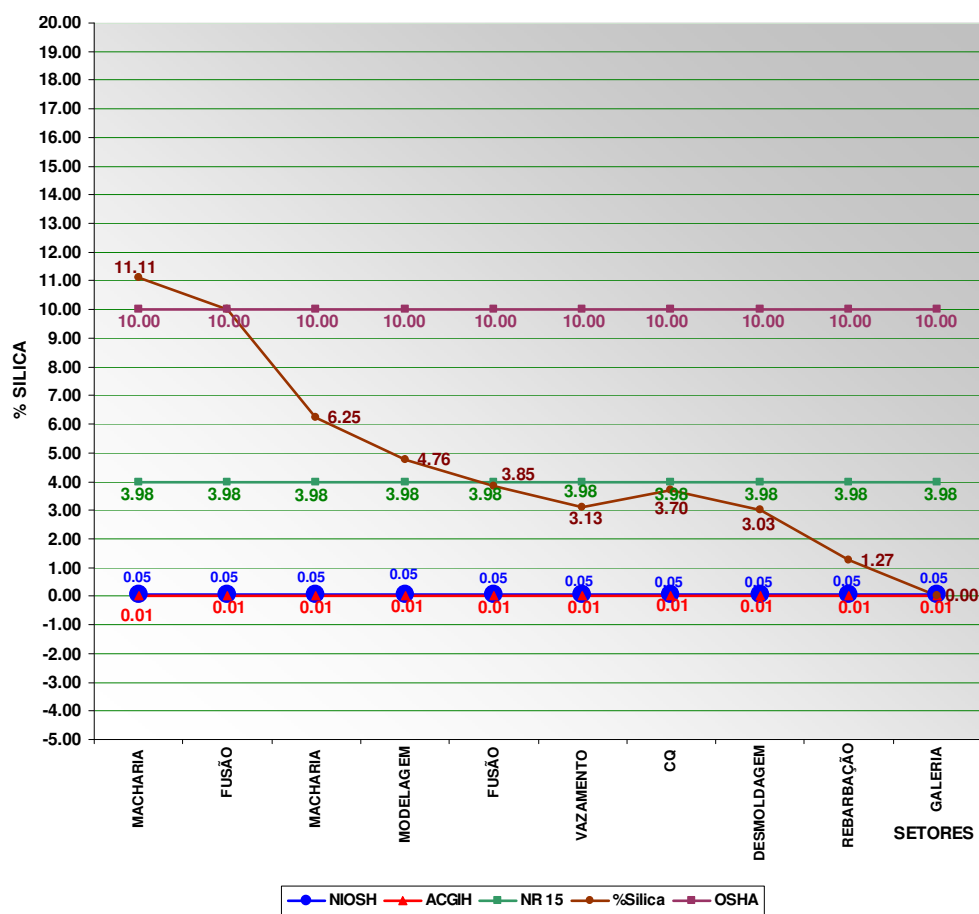


Figura 27 Gráfico comparativo da percentagem de sílica encontrada na massa coletada em relação aos LT

No gráfico da Figura 28 estão apresentadas por setor as massas coletadas na amostra, o percentual de sílica existente nas massas em miligramas (mg) e a umidade relativa do ar no local da coleta, de forma a poder efetuar a inter-relação entre estas variáveis.

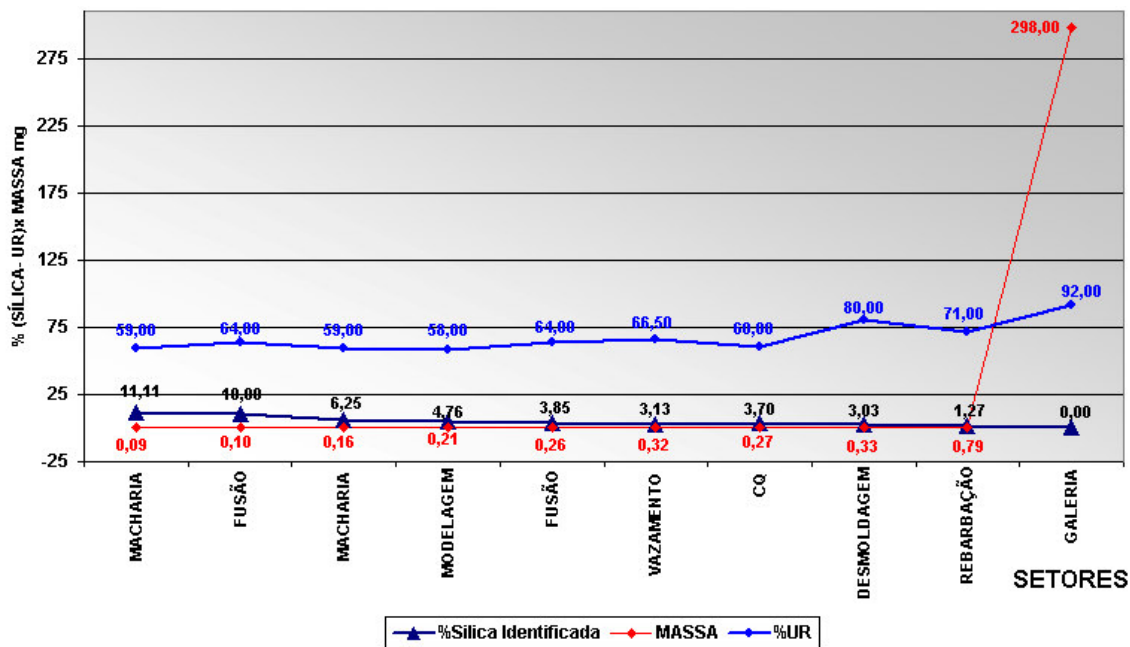


Figura 28 Gráfico comparativo: percentual de sílica e umidade relativa do ar

Pode-se verificar que no setor da galeria foi encontrado o maior valor de umidade relativa do ar. Neste mesmo setor, a concentração de sílica mensurada foi nula. Por outro lado, a massa coletada na galeria foi a de maior volume entre todos os setores investigados.

Considerações adicionais sobre este e os demais resultados obtidos serão apresentadas no capítulo seguinte.

5 CONCLUSÃO

O objetivo geral deste trabalho foi de realizar avaliações quantitativas de sílica, sob a forma de dióxido de silício, no ambiente de trabalho de fundição de peças de ferro fundido, de tal forma que pudessem ser demonstrados os reais indicadores de concentração de poeira respirável no ambiente contendo sílica. Além disto, através de uma abordagem ergonômica, o estudo visou possibilitar um melhor entendimento do ambiente de trabalho frente à nova tecnologia de processo adotado nas fundições atuais.

A partir destas considerações, pode-se tecer conclusões a respeito das ferramentas utilizadas, bem como sobre os resultados obtidos de forma a permitir discussão ampla do tema e finalmente apresentar sugestões de futuras pesquisas relacionadas com o assunto investigado neste trabalho de conclusão.

5.1 CONSIDERAÇÕES A RESPEITO DOS RESULTADOS ALCANÇADOS

A peculiaridade relevante deste trabalho reside na reutilização da areia e sua exposição a temperaturas elevadas. Neste processo a areia ao ser reutilizada recebe a adição de 3% até 10% de areia virgem, razão pela qual, através dos indicadores de concentração de poeira respirável no ambiente. Assim, é possível afirmar que o dióxido de silício (SiO_2) presente na areia e agente causador de silicose pulmonar tenha sido quantitativamente alterado e conseqüentemente os casos de silicose.

Ao comparar os resultados obtidos com os limites de tolerâncias (LT) estabelecidos pelas normas, foi possível, através dos exames médicos periódicos realizados na empresa os quais constam no Programa de Controle Médico e Saúde Ocupacional (PCMSO). Neste sentido, verificou-se que a prevalência de silicose nos trabalhadores expostos é nula, ou seja, nenhum caso foi observado, inclusive entre os trabalhadores com maior antiguidade.

Ao longo do desenvolvimento do presente trabalho, foi possível comparar os resultados obtidos com as normas de maior utilização que, apesar de divergentes na especificação destes limites, são de uso corrente.

A OSHA (*Occupational Safety and Health Administration*), o NIOSH (*National Institute for Occupational Safety and Health*), a ACGIH (*American Conference of Governmental Industrial Hygienists*) estabelecem como Limites de Tolerância (LT), respectivamente, 10 mg/m^3 , $0,05 \text{ mg/m}^3$ e $0,01 \text{ mg/m}^3$. Por sua vez, a norma brasileira (NR15, Anexo 12) traz uma recomendação variável em relação ao percentual de sílica cristalina encontrada na amostra. No entanto, não definindo as metodologias de amostragem, tais como taxas de fluxos, tipo de filtro e classificador de tamanho de partículas empregadas para o cálculo do LT como as demais normas mencionadas.

Confrontando os resultados obtidos, nos quais também são considerados outros fatores físicos ambientais como: velocidade, umidade relativa e temperatura do ar foi possível estabelecer conclusões.

- a) Na função ajustador de modelagem a massa encontrada na amostra foi de 0,21 mg de poeira, com concentração de sílica de 4,76% em um ambiente com umidade relativa de 58%.
- b) Para as atividades de macheiro “A” e macheiro, do setor de macharia, os resultados foram de 0,09 mg e 0,16 mg de massa de poeira, percentuais de sílica de 11,11% e 6,25%, respectivamente, e umidade relativa de 59%.
- c) Na atividade de auxiliar geral do setor de desmoldação, os resultados foram de 0,33 mg de poeira e percentual de sílica de 3,03%, com umidade relativa 80%.
- d) Para o mecânico “A”, que exerce sua atividade na galeria, a massa de poeira coletada na amostra foi de 298 mg, contendo um percentual de sílica de 0,00%, enquanto a umidade relativa do ar mensurada foi de 92%.
- e) A atividade de rebarbador, no setor de rebarbação, apresentou a massa de poeira de 0,79 mg, com o percentual de sílica de 1,27% e umidade relativa de 71%.
- f) O jaqueteiro, do setor de vazamento, apresentou a massa de 0,32 mg de poeira coletada, contendo um percentual de sílica de 3,13% e percentual de umidade relativa de 66,5%.
- g) O auxiliar geral do setor de fusão apresentou a massa de poeira coletada de 0,26 mg, com 3,85% de sílica e umidade relativa de 64%.

- h) O auxiliar geral do Controle de Qualidade (CQ) apresentou a massa coletada de 0,27 mg de poeira, com percentual de sílica de 3,70% e umidade relativa de 60%.
- i) O auxiliar geral do setor de fusão apresentou uma massa de 0,10 mg, percentual de sílica de 10% e a umidade relativa de 64%.

Os resultados apresentaram valores de velocidade do ar variando entre de 2,8 à 3,6 m/s, com exceção do setor de controle de qualidade, no qual o resultado foi de 1,9 m/s.

Nos resultados obtidos, cujos laudos de análise constam do Anexo A deste trabalho, foram utilizados os métodos e normas acima para todas as atividades e setores, são inferiores a 0,01 mg/m³, ficando, portanto, abaixo do LT. Entretanto, ao se utilizar o percentual de sílica na massa coletada, foi constatado que a sílica encontra-se presente e que as maiores concentrações estão nas atividades de macheiro do setor de macharia, auxiliar geral do setor de fusão e macheiro “A” do setor de macharia. É possível observar que existe uma variação de massa entre as funções do setor de macharia e nas mesmas amostras ao confrontar a quantidade de massa coletada com o percentual de sílica.

Nos demais setores há presença de sílica com exceção da galeria. Neste setor, a inexistência de sílica pode ser justificada pelo fato de que, na galeria, somente é encontrada areia já processada ou reprocessada e que esta, após a exposição a temperaturas elevadas, bem como o fato de tratar-se de ambiente isento de areia *in natura* pode justificar, sua inexistência. Acresce-se ao fato a alta umidade relativa do ar, tendo em vista tratar-se de um ambiente confinado e, portanto, sem ventilação e renovação de ar adequado.

Com o presente estudo foi possível comparar os demais agentes ambientais para inter-relacioná-los. Entretanto, embora a concentração de umidade do ar seja variável com relação à massa coletada e o percentual de sílica, não foi possível afirmar que estas variações estejam inter-relacionadas. Desta forma, não se pode afirmar que quanto maior for a massa coletada, maior será a concentração de sílica e que quanto maior a umidade relativa do ar menor será a concentração de sílica inalada.

Outro fator físico importante está relacionado com a adoção de clausuras das máquinas, a fim de proteger o trabalhador contra acidentes. Estas interferem no resultado, pois também enclausuram a poeira silicosa. Além disto, em consequência da clausura, a

elevação da temperatura da máquina pode ser evitada, através da retirada do ar por sistemas de exaustores que, além de remover as poeiras e conseqüentemente a sílica, também exaurem os gases de queima CO e CO₂ (monóxido e dióxido de carbono) e os gases e vapores oriundos do processo, tais como os de resinas fenólicas e isossianatos.

É possível supor que o reaproveitamento da areia reduz a exposição à sílica, entretanto não a elimina, razão pela qual não se deve suprimir o uso dos equipamentos de proteção individual. Isto, em razão do seu efeito bio-acumulativo e a possível inter-relação com outros fatores, tais como: tabagismo, alcoolismo, uso de medicação e demais produtos utilizados no processo. Além do que, pelo fato da sílica ser considerada cancerígena por que não ter o mesmo tratamento dado aos demais produtos com o mesmo risco a saúde que tais como asbesto, jato de areia e ou estabelecer LT e critérios padronizados universalmente os quais poderiam garantir a saúde por 65 ou 80 anos de atividade, compatível com a média de vida.

5.2 INDICAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A previdência social brasileira registra casos de pneumoconioses em trabalhadores de fundição, sendo esta uma forte razão para serem revistas as normas que estabelecem os limites de tolerância, bem como as medidas adotadas no que diz respeito à seleção e fornecimento de equipamentos de proteção individual.

De relevante ainda para outros estudos, pode-se citar o fato identificado de que outros fatores, tais como fatores químicos, físicos, biológicos, psicossociais ou ergonômicos, alcoolismo, tabagismo, inter-relação medicamentosa, bem como a susceptibilidade individual, atuam simultaneamente no ambiente de trabalho, e que poderiam ser agravantes e/ou somatizantes na relação entre exposição à sílica e conseqüente silicose. Até a presente data, entretanto, não se encontram estudos importantes e significativos a este respeito.

É possível, ainda, considerar estudos sobre Programas de Proteção Respiratória (PPR) que contemplem ações de caráter coletivo e individual, tais como: clausuras, implementação de exaustores com filtro, a adequação e uso de equipamentos de proteção que proporcionem o menor incômodo possível, associado a um programa de saúde ocupacional monitorado. Além, é claro, de sistemáticos treinamentos e ações de conscientização dos trabalhadores a respeito do risco a que estão expostos.

Como indicações, também pode-se citar estudos com a participação dos fabricantes de máquinas e equipamentos, de forma a engajá-los na solução do problema e suscitar o desenvolvimento de máquinas e equipamentos que privilegiem baixas emissões de poeira.

Por fim, são sugeridos estudos e pesquisas que venham a substituir a utilização da areia contendo sílica por alternativa tecnicamente viável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIFA. **Produção de Fundidos, Março de 2004.** Disponível na Internet: http://www.abifa.org.br/mercado_prod_fun.asp. Acessado em 9/4/2004.

AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENIST. **2003 Limites de exposição (TLVs) para substâncias químicas e agentes físicos e índices biológicos de exposição (BEIs).** São Paulo: Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais, 2003.

ARCURI, A. S. A.; CARDOSO, L. M. N. Limite de Tolerância. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, São Paulo, v. 1, n. 74, p.99-106, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Calibração e vazão, pelo método de bolha de sabão, de bombas de baixa vazão utilizadas na avaliação de agentes químicos no ar. Norma NBR 105-62.** Rio de Janeiro, 1988.

ATS. Adverse effects of crystalline silica exposure. **Am J Respir Crit Care Med**, vol. 155, p. 761-768, 1997.

BECKLAKE, M. R. Occupational exposures and chronic airways disease. In: ROM, W.M., ed. **Environmental and occupational medicine.** 2.ed. Boston, MA: Little, Brown and Company, p. 453-463, 1992.

BONADIMAN, H. **Hidrostatica e Calor.** Ijuí: Editora UNIJUÍ, 1993.

BRAIN, J. D.; VALBERG, P. A. Deposition of aerosol in the respiratory tract. **American Review of Respiratory Disease.** Vol. 120, 1979.

BROWN, D. P.; KAPLAN, S. D.; ZUMWALDE, R. D.; KAPLOWITZ, M.; ARCHER, V. E. Retrospective cohort mortality study of underground gold mine workers. In: GOLDSMITH, D. F.; WINN, D. M.; SHY, C. M.; eds. **Silica, silicosis, and cancer. Controversy in occupational medicine**, Cancer Research Monographs, Vol. 2. New York: Praeger Publishers, pp. 335–350, 1986.

BROWN, L. M.; GRIDLEY, G.; OLSEN, J. H.; MELLEMKJÆR, L.; LINET, M. S.; FRAUMENI JR., J.F. Cancer risk and mortality patterns among silicotic men in Sweden and Denmark. **J Occup Environ Med**, vol 39, n. 7, p. 633–638, 1997.

CHECKOWAY, H.; HEYER, N. J.; DEMERS, P. A.; BRESLOW, N. E. Mortality among workers in the diatomaceous earth industry. **Br J Ind Med**, vol. 50, p. 586–597, 1993.

CHECKOWAY, H.; HEYER, N. J.; DEMERS, P.A.; GIBBS, G.W. Reanalysis of mortality from lung cancer among diatomaceous earth industry workers, with consideration of potential confounding by asbestos exposure. **Occup Environ Med**, vol. 53, p. 645–647, 1996.

CHECKOWAY, H.; HEYER, N. J.; SEIXAS, N. S., WELP, E. A. E.; DEMERS, P.A.; HUGHES, J.M.; WEILL, H. Dose-response associations of silica with nonmalignant respiratory disease and lung cancer mortality in the diatomaceous earth industry. **Am J Epidemiol**, vol. 145, n. 8, p.680–688, 1997.

CHEN, J.; McLAUGHLIN, J. K.; ZHANG, J. Y.; STONE, B. J.; LUO, J.; CHEN, R. A.; DOSEMECI, M.; REXING, S. H.; WU, Z.; HEARL, F. J.; McCAWLEY, M. A.; BLOT, W. J. Mortality among dust-exposed Chinese mine and pottery workers. **J Occup Med**, vol. 34, n. 3, p. 311–316, 1992.

CHEN, G. X.; BURNETT, C. A.; CAMERON, L. L.; ALTERMAN, T.; LALICH, N. R.; TANAKA, S.; ALTHOUSE, R. B. Tuberculosis mortality and silica exposure: A case-control study based on a national mortality database for the years 1983–1992. **Int J Occup Environ Health**, vol. 3, n. 3, p. 163–170, 1997.

CHEN, W.; ZHUANG, Z.; ATTFIELD, M.D.; CHEN, B.T.; GAO, P.; HARRISON, J.C.; FU, C.; CHEN, J.Q.; WALLACE, W. E. Exposure to silica and silicosis among tin miners in China: exposure-response analyses and risk assessment. **Occup Environ Med**, vol. 58, n. 1, p. 31-37, 2001.

CHERRY, N. M.; BURGESS, G. L.; TURNER, S.; McDONALD, J. C. Crystalline silica and risk of lung cancer in the potteries. **Occup Environ Med**, vol. 55, p.779–785, 1998.

CDC. **Silica Crystalina (as respiravel dust) Documentation for Immediatly Dangerous to life or health concentrations (IDLHs)**, 1998a. Disponível na Internet: <http://www.cdc.gov/niosh/idlh/14808606/html>. Acessado em 10/04/2003.

_____. Silicosis deaths among young adults - United States, 1968–1994. **MMWR**, vol. 47, n. 16, p. 331–335, 1998b.

COSTELLO, J. Mortality of metal miners - a retrospective cohort and case-control study. IN: WAGNER, W.L.; ROM, W.N.; MERCHANT, J.A. eds. **Health issues related to metal and nonmetallic mining**. Boston, MA: Butterworth Publishers, p. 226–240, 1983.

COSTELLO J.; GRAHAM, W. G. B. Vermont granite workers' mortality study. **Am J Ind Med**, vol. 13, p. 483–497, 1988.

COSTELLO J.; CASTELLAN, R. M.; SWECKER, G. S.; KULLMAN, G. J. Mortality of a cohort of U.S. workers employed in the crushed stone industry, 1940–1980. **Am J Ind Med**, vol. 27, p.625–640, 1995.

COWIE, R. L.; MABENA, S. K. Silicosis, chronic airflow limitation, and chronic bronchitis in South African gold miners. **Am Rev Respir Dis**, vol. 143, p. 80-84, 1991.

COWIE, R.L. The epidemiology of tuberculosis in gold miners with silicosis. **Am J Respir Crit Care Med**, vol. 150, p.1460–1462, 1994.

DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES. National Institute for Occupational and Health. **NIOSH Hazard Review Health Effects of Occupational Exposure to Respirable Crystalline Silica**. Cincinnati, 2002.

DUL, J.; WEERDMEESTER, B. **Ergonomia Prática**. São Paulo: Edgard Blücher, 2000.

ENVIRON. Disponível na Internet: http://www.environlab.com.br/entrar/Faq10_Impinger.htm. Consultado em 10/04/2004.

FUNDACIÓN MAPFRE. **Manual de higiene industrial**. Editorial MAPFRE, Espanha 1991.

FUNDACENTRO. **O Tamanho de Partículas de Poeira Suspensas no Ar os Ambiente de Trabalho**. São Paulo: Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho, 2001. 96 p.

_____. **Programa de prevenção de silicose**. Disponível na Internet: http://www.mte.gov.br/Empregador/segsau/Publicacoes/Download/PLANO_NACIONAL_D_E_ELIMINACAO_DA_SILICOSE_Esforco_Nacional.pdf. 2004. Acessado em 21/11/2004.

GOLDSMITH, D. F.; BEAUMONT, J. J.; MORRIN, L. A.; SCHENKER, M. B. Respiratory cancer and other chronic disease mortality among silicotics in California. **Am J Ind Med**, vol. 28, n. 4, p. 459–467, 1995.

GROTH, D. H.; STETTLER, L. E.; PLATEK, S. F.; LAL, J. B.; BURG, J. R. Lung tumors in rats treated with quartz by intratracheal instillation. In: GOLDSMITH, D. F.; WINN, D. M.; SHY, C. M, eds. **Silica, silicosis, and cancer: Controversy in occupational medicine**. Cancer Research Monographs, Vol. 2. New York: Praeger, pp. 243–253, 1986.

GUÉRIN, F.; LAVILLE, A.; DANIELLOU, F.; DURAFFOURG J.; KERGUELEN, A. **Compreender o Trabalho para Transformá-lo – A Prática da Ergonomia**. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.

GUIMARÃES, L. B. M. **Ergonomia de processo**, Vol 2, 4.ed. Porto Alegre: FEENGE – Fundação Empresa Escola de Engenharia, UFRGS, 2002. (Série Monográfica ergonomia).

HAWKINS, N. C.; NORWOOD, S. K.; ROCK, J. C. (Ed.) **A Strategy for occupational exposure assessment**. Fairfax: American Industrial Hygiene Association, 1991.

HEARL, F. J. Mixture Formula Justified. **American Industrial Hygiene Association Journal**, v.57, n. 6, p 574-575, 1996.

HESSEL, P. A.; SLUIS-CREMER, G. K.; HNIZDO, E.; FAURE, M. H.; THOMAS, R. G.; WILES, F. J. Progression of silicosis in relation to silica dust exposure. **Ann Occup Hyg**, vol. 32, suppl. 1, p. 689-696, 1988.

HOLLAND, L. M.; WILSON, J. S.; TILLERY, M. I.; SMITH, D. M. Lung cancer in rats exposed to fibrogenic dusts. In: GOLDSMITH, D. F.; WINN, D. M.; SHY, C. M., eds. **Silica**,

silicosis, and cancer: Controversy in occupational medicine, Cancer Research Monographs. (vol. 2.) New York: Praeger, pp. 267–279, 1986.

HNIZDO, E.; MURRAY, J.; SLUIS-CREMER, G. K.; THOMAS, R. G. Correlation between radiological and pathological diagnosis of silicosis: An autopsy population based study. **Am J Ind Med**, vol. 24, p. 427-445, 1993.

HNIZDO, E.; MURRAY, J. Risk of pulmonary tuberculosis relative to silicosis and exposure to silica dust in South African gold miners. **Occup Environ Med**, vol. 55, p. 496-502, 1998.

IARC. Silica and Some Silicates, Coal Dust and Para-aramid Fibres. **IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of chemicals to humans**, Vol 48, Lyon: International Agency for Research on Cancer, 1997.

KREISS, K.; ZHEN, B. Risk of silicosis in a Colorado mining community. **Am J Ind Med**, vol. 30, p. 529-539, 1996.

LAURELL, C.; NORIEGA, M. **Processo de Produção e Saúde: Desgaste Operário**. São Paulo: Hucitec, 1989.

LEIDEL, N. A.; BRUSCH, K. A.; LYNCK, J. R. **Occupational exposure sampling strategy manual**. Cincinnati: National Institute for Occupational Safety and Health, 1977.

MANUAL MERCK. **Distúrbios dos Pulmões e das Vias Aéreas - Doenças Pulmonares de Origem Ocupacional**. Capítulo 4, Seção 38, 2004. Disponível da Internet: http://www.msd-brazil.com/msd43/m_manual/mm_sec4_38.htm. Acessado em 19/10/2004.

MCDONALD A. D. M.; DONALD, J. C.; RANDO, R. J.; WEILL, H. Cohort mortality from lung cancer, silicose and other causes. **Ann. Occup. Hyg.** vol. 45, n. 3, p. 193-199, 2001.

MILLER, B. G.; HAGEN, S.; LOVE, R. G.; SOUTAR, C. A.; COWIE, H.A.; KIDD, M. W.; ROBERTSON, A. Risk of silicosis in coalworkers exposed to unusual concentrations of respirable quartz. **Occup Environ Med**, vol. 55, p. 52-58, 1998.

MINISTÉRIO DE SAÚDE PÚBLICA DA CHINA. **Situation bulletin on occupational disease incidence and industrial hygiene survey of 1988**. Health Daily, People's Republic of China. Pequim, 1989.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **Portaria 3214 de julho de 1978.** Normas Regulamentadoras de Segurança e Saúde no Trabalho. 46. ed. Brasília, 1978.

MORAES, A.; MONT'ALVÃO, C. **Ergonomia: Conceitos e Aplicações.** 2a ed., Rio de Janeiro: 2AB Editora, 2000.

MONTMOLLIN, M. **L'ergonomie.** Paris: Collection Repères, 1986.

MUHLE, H.; TEKANAKA, S.; MOHR, U.; DASENBORCK, C.; MERMELSTEIN, R. Lung tumor induction upon long-term low-level inhalation of crystalline silica. **Am J Ind Med**, vol. 15, n. 3, p. 343-346, 1989.

MURAMATSU, K.; YAMAMOTO, T.; HASEGAWA, A. A case of autoimmune hemolytic anemia associated with silicosis. **Jpn J Chest Dis**, vol. 40, n. 1, p. 45-50, 1989.

MURRAY, J.; REID, G.; KIELKOWSKI, D.; DE BEER, M. Cor pulmonale and silicosis: A necropsy based case-control study. **Br J Ind Med**, vol. 50, p. 544-548, 1993.

NG, T. P.; CHAN, S. L.; LAM, K. P. Radiological progression and lung function in silicosis: A ten year follow up study. **Br Med J**, vol. 295, p. 164-168, 1987.

NIOSH. **Criteria for a recommended standard: Occupational exposure to crystalline silica.** Cincinnati, OH: U.S. Department of Health, Education, and Welfare, Health Services and Mental Health Administration, National Institute for Occupational Safety and Health, DHEW (NIOSH) Publication No. 75-120, 1974.

_____. **The pulmonary Effects of inhaled Inorganic Dust. Patty's Industrial Hygiene and Toxicology,** Cincinnati, OH: U.S. Department of Health, Education, and Welfare, Health Services and Mental Health Administration, National Institute for Occupational Safety and Health, vol. 1, cap 7, 1978.

_____. **Review of the literature on crystalline silica.** Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control, National Institute for Occupational Safety and Health, NTIS PB83-238-733, 1983.

_____. **Manual of Analytical Methods, Fourth Edition.** Silica Crystalline in coal Mine Dust, by IR- Método 7603, 1989.

_____. **Work-related lung disease surveillance report.** Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control, National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH) Publication No. 91-113, Table 23, p. 38, 1991.

_____. **Manual of Analytical Methods, Fourth Edition.** Silica Crystalline in coal by IR – Método 7602, 1994a.

_____. **Manual of Analytical Methods, Fourth Edition.** Silica Crystalline in coal by VIS–Método 7601, 1994b.

_____. **Occupational Exposure Sampling Strategy Manual.** U. S. Department of health, Education and Welfare. Public Health Services Centers for Disease control, Cincinnati, 1997.

_____. Silica, crystalline, by XRD: Method 7500. In: **NIOSH manual of analytical methods**, 4. ed., 2nd suppl. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH) Publication No. 98-119, 1998.

_____. **Health Effects of Occupational Exposure to Respirable Crystalline Silica.** DHHS, 2002.

_____. **Manual of Analytical Methods, Fourth Edition.** Silica Crystalline in coal by XRD – Método 7500, 2003.

_____. **Silica Crystalline (as respirable dust).** Disponível em www.cde.gov/niosh/idelh/14808607.html Consultado em 9/4/2003.

OSHA. **Air contaminants; final rule; silica, crystalline-quartz.** 54 Fed. Reg. 2521. (Codified at 29 CFR 1910.), 1989.

LOUDIZ, J.; BROWN, J. W.; AYER, H. E.; SAMUELS, S. A report on silica exposure levels in United States foundries. **Am Ind Hyg Assoc J.**, vol. 44, n. 5, p. 374-376.

PARKS, C. G.; COOPER, G.S.; NYLANDER-FRENCH, L.A.; SANDERSON W. T.; DEMENT, J. M.; COHEN, P.L.; DOOLEY, M.A ; TREADWELL, E.L.; ST CLAIR, E.W.; GILKESON, G.S.; HOPPIN, J.A.; SAVITZ, D.A. Occupational exposure to crystalline silica

and risk of systemic lupus erythematosus: a population-based, case-control study in the southeastern United States. **Arthritis Rheum**, vol. 46, n. 7, p. 1840-1850, 2002.

PARKS, C. G.; COOPER, G. S.; Nylander-French, L.A.; STORM, J. F.; ARCHER, J. D. Assessing exposure to crystalline silica from farm work: a population-based study in the Southeastern United States. **Ann Epidemiol**, vol. 13, n. 5, p. 385-392, 2003.

ROSENMAN, K. D.; STANBURY, M. J.; REILLY, M. J. Mortality among persons with silicosis reported to disease surveillance systems in Michigan and New Jersey in the United States. **Scand J Work Environ Health**, vol. 21, n. 2, p. 73-76, 1995.

SHEPPARD, D. Distúrbios pulmonares ocupacionais. In: WYNGAARDEN, J.B.; SWITH L. H.; BENNETT, J. C.(Ed.). **Tratado de medicina interna**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, v.2, parte 26, p. 2385-2393, 1992.

SPIETHOFF, A.; WESCH, H.; WEGENER, K.; KLIMISCH, H-J. The effects of thorotrast and quartz on the induction of lung tumors in rats. **Health Phys**, vol. 63, n. 1, p. 101-110, 1992.

STEENLAND, K.; BROWN, D. Mortality study of gold miners exposed to silica and nonasbestiform amphibole minerals: An update with 14 more years of follow-up. **Am J Ind Med**, vol. 27, p. 217-229, 1995.

STEENLAND, K.; BEAUMONT, J. A proportionate mortality study of granite cutters. **Am J Ind Med**, vol. 9, p.189-201, 1986.

THIOLLENT, M. **Pesquisa-Ação nas Organizações**. São Paulo: Atlas, 1997.

THOMAS, T. L.; STEWART, P. A. Mortality from lung cancer and respiratory disease among pottery workers exposed to silica and talc. **Am J Epidemiol**, vol. 125, n. 1, p.35-43, 1987.

THOMAS, T. L. Lung cancer mortality among pottery workers in the United States. IN: SIMONATO, L.; FLETCHER, A.C.; SARACCI, R.; THOMAS, T.L., eds. **Occupational exposure to silica and cancer risk**. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer, p. 75-81, 1990.

TSUDA, T.; MINO, Y.; BABAZONO, A.; SHIGEMI, J.; OTSU, T.; YAMAMOTO, E. A case-control study, using multiple cancer controls, on silica exposure and silicosis for investigating a high lung cancer mortality rate in a Japanese rural area. **Ann Epidemiol.** vol. 12, p.288-294, 2002.

UNIVERSIDADE DE CAMPINAS. Faculdade de Ciências Médicas, Departamento de Anatomia. **Silicose Pulmonar.** Disponível na Internet: <http://www.fcm.unicamp.br/departamentos/anatomia/pecasdeg10.html>, 2004. Acessado em 19/10/2004.

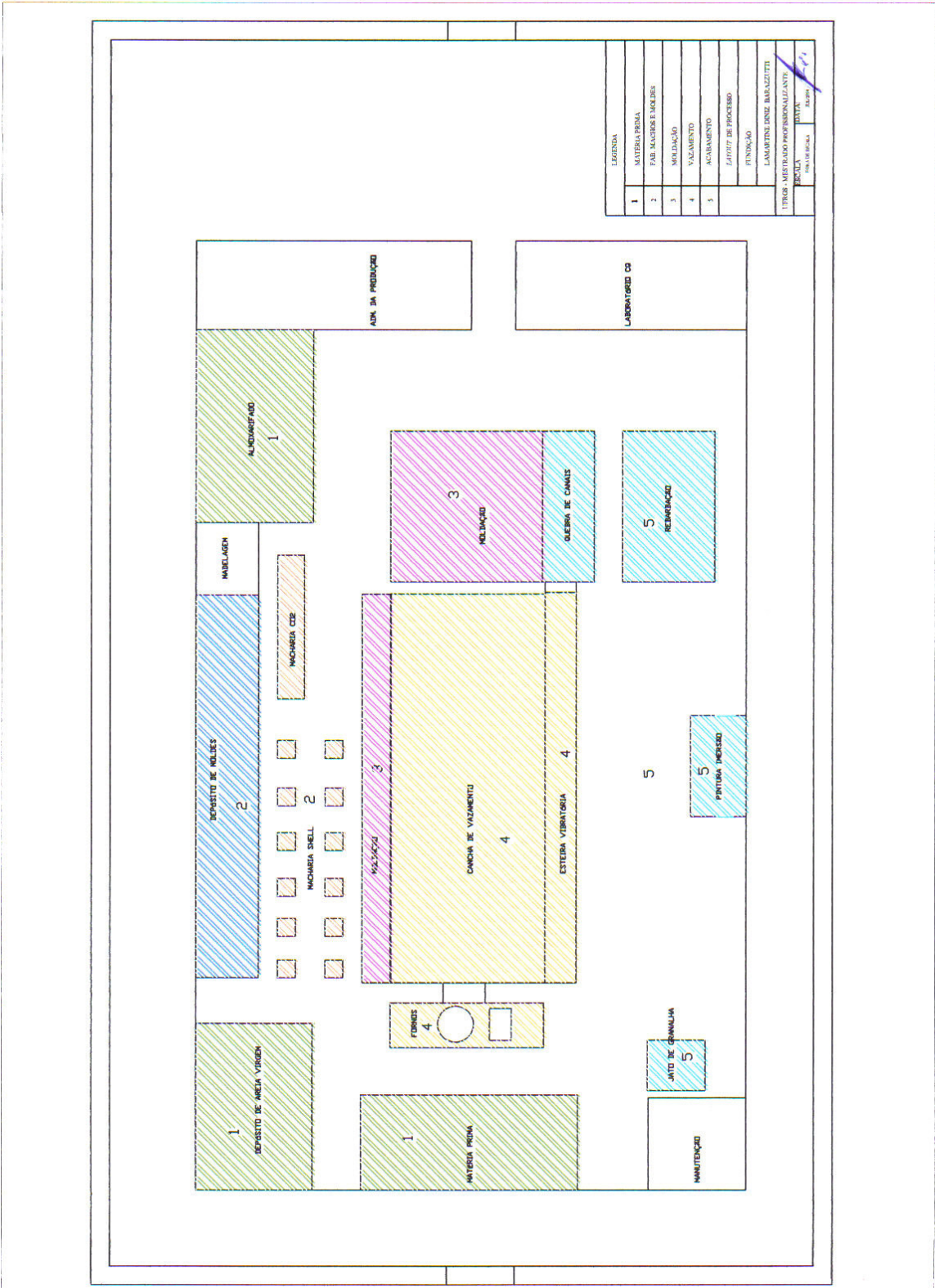
VASCONCELLOS, L. C. F. **Os Caminhos do Caminho – a Municipalização como Estratégia de Consolidação da Saúde do Trabalhador no Setor Saúde.** Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, 1994.

YAN, Y.; TAO, N.; TIAN, J. Evaluation of historical exposure to silica dust for the workers employed in geologic exploration industry. **Zhonghua Yu Fang Yi Xue Za Zhi**, vol. 35, n. 5, p. 322-324, 2001.

YER, R.; HAMILTON, R. F.; LI, L.; HOLIAN, A. Silica-Induced Apoptosis Mediated via Scavenger Receptor in Human Alveolar Macrophages. **Toxicology and applied pharmacology.** p. 84-92, 1996

APÊNDICE A

Neste Apêndice, está incluída a reprodução em tamanho da planta da empresa, com os respectivos setores do processo de fundição assinalados.



APÊNDICE B

Consta deste Apêndice a reprodução do questionário aplicado aos participantes desta pesquisa.

QUESTIONÁRIO PARA CARACTERIZAÇÃO DO TRABALHADOR

Este questionário não é obrigatório, mas sua opinião sobre o seu trabalho É MUITO IMPORTANTE. Solicito, então, que você preencha os dados abaixo e marque com um X, no retângulo quando for o caso a resposta.

Não coloque o seu nome no questionário. As informações são sigilosas e não serão divulgadas. Muito obrigado.

SEXO: MASCULINO ☐ FEMINNO ☐ **IDADE:** _____ ANOS _____ MESES
TEMPO NA EMPRESA: _____ ANOS _____ MESES

1. QUAL A SUA IDADE: _____ ANOS.
2. HÁ QUANTO TEMPO TRABALHA EM FUNDIÇÃO. _____ -ANOS
 _____ MESES.
3. EM QUE SETOR TRABALHA: _____
4. QUAL O SEU TRABALHO ANTERIOR: _____
5. QUANTO TEMPO TRABALHOU: _____ ANOS E _____ MÊS
6. EM QUE PERÍODO: DE ____/____/____ ATÉ ____/____/____
7. TINHA CONTATO COM AREIA: SIM ☐ NÃO ☐

8. QUAL O SEU TRABALHO ANTERIOR: _____
9. QUANTO TEMPO TRABALHOU: _____ ANOS E _____ MÊS
10. EM QUE PERÍODO: DE ____/____/____ ATÉ ____/____/____
11. TINHA CONTATO COM AREIA: SIM ☐ NÃO ☐

12. QUAL O SEU TRABALHO ANTERIOR: _____
13. QUANTO TEMPO TRABALHOU: _____ ANOS E _____ MÊS
14. EM QUE PERÍODO: DE ____/____/____ ATÉ ____/____/____
15. TINHA CONTATO COM AREIA: SIM ☐ NÃO ☐

16. QUAL O SEU TRABALHO ANTERIOR: _____
17. QUANTO TEMPO TRABALHOU: _____ ANOS E _____ MÊS
18. EM QUE PERÍODO: DE ____/____/____ ATÉ ____/____/____
19. TINHA CONTATO COM AREIA: SIM ☐ NÃO ☐
- FUMANTE: SIM ☐ NÃO ☐ NUNCA FUMOU: ☐
- TOMA MEDICAMENTO: SIM ☐ NÃO ☐ A QUANTO TEMPO: _____

PARA QUE É O MEDICAMENTO: _____

ANEXO A

Neste Anexo, estão incluídas as reproduções dos laudos de análises das amostras coletadas nesta pesquisa.



RESULTADO DA ANÁLISE DE SILICA LIVRE					
SETOR	FUNÇÃO	IDENTIFICAÇÃO DA COLETA	TIPO DE POEIRA	MASSA (mg)	OBS
MODELAGEM	AJUSTADOR DE MODELAGEM	M 2	R	0,21	
MACHARIA	MACHEIRO A	MA 3	R	0,16	
MACHARIA	MACHEIRO	MA 4	R	0,09	
DESMODELAGEM BNN	AUX GERAL	DESBNN 5	R	0,33	
GALERIA	MECÂNICO A	G 6	R	298	
REBARBAÇÃO	REBARBADOR	R 7	R	0,79	
VAZAMENTO	JAQUETEIRO A	VZ 8	R	0,32	
FUSÃO	AUXILIAR GERAL	F 9	R	0,26	
CONTROLE DE QUALIDADE	AUX GERAL	CO9	R	0,27	
FUSÃO	AUX GERAL	F 10	R	0,10	
A coleta e estratégia de amostragem e a representatividade são de inteira responsabilidade do solicitante. As amostras recebidas foram analisadas segundo o método analítico descrito no laudo de análise. MI – Massa insuficiente para análise R: Respirável n.d.: não detectado					
Equipe de análise: LABORATÓRIO ALAC LTDA					
Responsáveis pela análise: LABORATÓRIO ALAC LTDA					



LAUDO DE ANÁLISES

Nº DO LAUDO: MA 3

DATA: 07/07/04

SOLICITANTE: ENGº LAMARTINE DINIZ BARAZZUTTI

Data da Coleta	Local da Amostragem	Horário da Amostragem	Tempo de Duração da Amostragem (min.)	Agentes Químicos Analisados	Temperatura do Ar (°C)	Umidade Relativa do Ar (%)
05.05.04	Macharia	-	246,0	Silica	-	-

Agentes	Concentrações Encontradas	Limites de Tolerância		Níveis de Ação (NR-9)	
		NR-15	ACGIH-2002	NR-15	ACGIH-2002
Silica	< 0,01 mg/m ³	-	0,05 mg/m ³	-	0,025 mg/m ³

Tipo de coletor: Filtro de PVC 5,0 µ de porosidade e 37 mm de diâmetro	
Vazão da bomba / volume de ar coletado: 1,70 l/min. / 418,20 litros	
Metodologia: Cromatografia à Gás com detector de Massas - NIOSH 0500	
Função: Macheiro A RG 138	

Observações: O agente analisado na amostra ficou abaixo do Limite de Tolerância e do Nível de Ação.


 Stella Maris Leonardi
 CRQ - V - 05200398



LAUDO DE ANÁLISES

Nº DO LAUDO: M 2

DATA: 07/07/04

SOLICITANTE: ENGº LAMARTINE DINIZ BARAZZUTTI

Data da Coleta	Local da Amostragem	Horário da Amostragem	Tempo de Duração da Amostragem (min.)	Agentes Químicos Analisados	Temperatura do Ar (°C)	Umidade Relativa do Ar (%)
04.05.04	Moldagem	-	240,0	Silica	-	-
Agentes	Concentrações Encontradas	Limites de Tolerância		Níveis de Ação (NR-9)		
		NR-15	ACGIH-2002	NR-15	ACGIH-2002	
Silica	< 0,01 mg/m ³	-	0,05 mg/m ³	-	0,025 mg/m ³	
Tipo de coletor: Filtro de PVC 5,0 μ de porosidade e 37 mm de diâmetro						
Vazão da bomba / volume de ar coletado: 1,70 l/min. / 408 litros						
Metodologia: Difractometria de Raio X - NIOSH 7500						
Função: Ajustador de Modelagem						

Observações: O agente analisado na amostra ficou abaixo do Limite de Tolerância e do Nível de Ação.


 Stella Maris Leonardi
 CRQ - V - 05200398



LAUDO DE ANÁLISES

Nº DO LAUDO: G 6

DATA: 07/07/04

SOLICITANTE: ENGº LAMARTINE DINIZ BARAZZUTTI

Data da Coleta	Local da Amostragem	Horário da Amostragem	Tempo de Duração da Amostragem (min.)	Agentes Químicos Analisados	Temperatura do Ar (°C)	Umidade Relativa do Ar (%)
28.05.04	Galeria	-	240,0	Sílica	-	-

Agentes	Concentrações Encontradas	Limites de Tolerância		Níveis de Ação (NR-9)	
		NR-15	ACGIH-2002	NR-15	ACGIH-2002
Sílica	< 0,01 mg/m ³	-	0,05 mg/m ³	-	0,025 mg/m ³

Tipo de coletor: Filtro de PVC 5,0 µ de porosidade e 37 mm de diâmetro
Vazão da bomba / volume de ar coletado: 1,70 l/min. / 408 litros
Metodologia: Difractometria de Raio X - NIOSH 7500
Função: Mecânico A RG 454

Observações: O agente analisado na amostra ficou abaixo do Limite de Tolerância e do Nível de Ação.


 Stella Maris Leonardi
 CRQ - V - 05200398



LAUDO DE ANÁLISES

Nº DO LAUDO: VZ 8

DATA: 07/07/04

SOLICITANTE: ENGº LAMARTINE DINIZ BARAZZUTTI

Data da Coleta	Local da Amostragem	Horário da Amostragem	Tempo de Duração da Amostragem (min.)	Agentes Químicos Analisados	Temperatura do Ar (°C)	Umidade Relativa do Ar (%)
02.06.04	Vazamento	-	240,0	Silica	-	-

Agentes	Concentrações Encontradas	Limites de Tolerância		Níveis de Ação (NR-9)	
		NR-15	ACGIH-2002	NR-15	ACGIH-2002
Silica	< 0,01 mg/m ³	-	0,05 mg/m ³	-	0,025 mg/m ³

Tipo de coletor: Filtro de PVC 5,0 µ de porosidade e 37 mm de diâmetro
Vazão da bomba / volume de ar coletado: 1,70 l/min. / 408 litros
Metodologia: Difractometria de Raio X - NIOSH 7500
Função: Jaqueteiro A

Observações: O agente analisado na amostra ficou abaixo do Limite de Tolerância e do Nível de Ação.


 Stella Maris Leonardi
 CRQ - V - 05200398



LAUDO DE ANÁLISES

Nº DO LAUDO: DESBNN 5

DATA: 07/07/04

SOLICITANTE: ENGº LAMARTINE DINIZ BARAZZUTTI

Data da Coleta	Local da Amostragem	Horário da Amostragem	Tempo de Duração da Amostragem (min.)	Agentes Químicos Analisados	Temperatura do Ar (°C)	Umidade Relativa do Ar (%)
14.05.04	Desmoldagem BNN	-	240,0	Sílica	-	-
Agentes	Concentrações Encontradas	Limites de Tolerância		Níveis de Ação (NR-9)		
		NR-15	ACGIH-2002	NR-15	ACGIH-2002	
Sílica	< 0,01 mg/m ³	-	0,05 mg/m ³	-	0,025 mg/m ³	
Tipo de coletor: Filtro de PVC 5,0 μ de porosidade e 37 mm de diâmetro						
Vazão da bomba / volume de ar coletado: 1,70 l/min. / 408 litros						
Metodologia: Difractometria de Raio X - NIOSH 7500						
Função: Auxiliar Geral						

Observações: O agente analisado na amostra ficou abaixo do Limite de Tolerância e do Nível de Ação.


 Stella Maris Leonardi
 CRQ - V - 05200398



LAUDO DE ANÁLISES

Nº DO LAUDO: R 7

DATA: 07/07/04

SOLICITANTE: ENGº LAMARTINE DINIZ BARAZZUTTI

Data da Coleta	Local da Amostragem	Horário da Amostragem	Tempo de Duração da Amostragem (min.)	Agentes Químicos Analisados	Temperatura do Ar (°C)	Umidade Relativa do Ar (%)
31.05.04	Rebarbação	-	239,4	Silica	-	-

Agentes	Concentrações Encontradas	Limites de Tolerância		Níveis de Ação (NR-9)	
		NR-15	ACGIH-2002	NR-15	ACGIH-2002
Silica	< 0,01 mg/m ³	-	0,05 mg/m ³	-	0,025 mg/m ³

Tipo de coletor: Filtro de PVC 5,0 µ de porosidade e 37 mm de diâmetro	
Vazão da bomba / volume de ar coletado: 1,70 l/min. / 407 litros	
Metodologia: Difractometria de Raio X - NIOSH 7500	
Função: Rebarbador RG 43	

Observações: O agente analisado na amostra ficou abaixo do Limite de Tolerância e do Nível de Ação.


 Stella Maris Leonardi
 CRQ - V - 05200398



LAUDO DE ANÁLISES

Nº DO LAUDO: F 10

DATA: 07/07/04

SOLICITANTE: ENGº LAMARTINE DINIZ BARAZZUTTI

Data da Coleta	Local da Amostragem	Horário da Amostragem	Tempo de Duração da Amostragem (min.)	Agentes Químicos Analisados	Temperatura do Ar (°C)	Umidade Relativa do Ar (%)
04.06.04	Fusão	-	243,0	Silica	-	-

Agentes	Concentrações Encontradas	Limites de Tolerância		Níveis de Ação (NR-9)	
		NR-15	ACGIH-2002	NR-15	ACGIH-2002
Silica	< 0,01 mg/m ³	-	0,05 mg/m ³	-	0,025 mg/m ³

Tipo de coletor: Filtro de PVC 5,0 µ de porosidade e 37 mm de diâmetro
Vazão da bomba / volume de ar coletado: 1,70 l/min. / 413,10 litros
Metodologia: Difractometria de Raio X - NIOSH 7500
Função: Auxiliar Geral RG 706

Observações: O agente analisado na amostra ficou abaixo do Limite de Tolerância e do Nível de Ação.


 Stella Maris Leonardi
 CRQ - V - 05200398



LAUDO DE ANÁLISES

Nº DO LAUDO: F 9

DATA: 07/07/04

SOLICITANTE: ENGº LAMARTINE DINIZ BARAZZUTTI

Data da Coleta	Local da Amostragem	Horário da Amostragem	Tempo de Duração da Amostragem (min.)	Agentes Químicos Analisados	Temperatura do Ar (°C)	Umidade Relativa do Ar (%)
04.06.04	Fusão	-	243,0	Silica	-	-

Agentes	Concentrações Encontradas	Limites de Tolerância		Níveis de Ação (NR-9)	
		NR-15	ACGIH-2002	NR-15	ACGIH-2002
Silica	< 0,01 mg/m ³	-	0,05 mg/m ³	-	0,025 mg/m ³

Tipo de coletor: Filtro de PVC 5,0 µ de porosidade e 37 mm de diâmetro
Vazão da bomba / volume de ar coletado: 1,70 l/min. / 413 litros
Metodologia: Difractometria de Raio X - NIOSH 7500
Função: Auxiliar Geral

Observações: O agente analisado na amostra ficou abaixo do Limite de Tolerância e do Nível de Ação.


 Stella Maris Leonardi
 CRQ - V - 05200398



LAUDO DE ANÁLISES

Nº DO LAUDO: CO9

DATA: 07/07/04

SOLICITANTE: ENGº LAMARTINE DINIZ BARAZZUTTI

Data da Coleta	Local da Amostragem	Horário da Amostragem	Tempo de Duração da Amostragem (min.)	Agentes Químicos Analisados	Temperatura do Ar (°C)	Umidade Relativa do Ar (%)
02.06.04	Controle de Qualidade	-	243,0	Sílica	-	-
Agentes	Concentrações Encontradas	Limites de Tolerância		Níveis de Ação (NR-9)		
		NR-15	ACGIH-2002	NR-15	ACGIH-2002	
Sílica	< 0,01 mg/m ³	-	0,05 mg/m ³	-	0,025 mg/m ³	
Tipo de coletor: Filtro de PVC 5,0 µ de porosidade e 37 mm de diâmetro						
Vazão da bomba / volume de ar coletado: 1,70 l/min. / 413,10 litros						
Metodologia: Difractometria de Raio X - NIOSH 7500						
Função: Auxliar Geral						

Observações: O agente analisado na amostra ficou abaixo do Limite de Tolerância e do Nível de Ação.

Stella Maris Leonardi
 CRQ - V - 05200398



LAUDO DE ANÁLISES

Nº DO LAUDO: MA 4

DATA: 07/07/04

SOLICITANTE: ENGº LAMARTINE DINIZ BARAZZUTTI

Data da Coleta	Local da Amostragem	Horário da Amostragem	Tempo de Duração da Amostragem (min.)	Agentes Químicos Analisados	Temperatura do Ar (°C)	Umidade Relativa do Ar (%)
06.05.04	Macharia	-	240,0	Silica	-	-

Agentes	Concentrações Encontradas	Limites de Tolerância		Níveis de Ação (NR-9)	
		NR-15	ACGIH-2002	NR-15	ACGIH-2002
Silica	< 0,01 mg/m ³	-	0,05 mg/m ³	-	0,025 mg/m ³

Tipo de coletor: Filtro de PVC 5,0 µ de porosidade e 37 mm de diâmetro
Vazão da bomba / volume de ar coletado: 1,70 l/min. / 408 litros
Metodologia: Difractometria de Raio X - NIOSH 7500
Função: Macheiro

Observações: O agente analisado na amostra ficou abaixo do Limite de Tolerância e do Nível de Ação.


 Stella Maris Leonardi
 CRQ - V - 05200398

GLOSSÁRIO

SiO₂ - Dióxido de Silício
LT - Limite de tolerância
IBUTG - Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo
% - Percentagem
NIOSH - National Institute of Occupational Safety and Health
OSHA - Occupation National Safety and Helth Administration
CDC - Centers for Disease Control and Prevention
mg/m³ - Miligramas por metro cúbico
TB - Tuberculose
EUA - Estados Unidos da América
IARC - International Agency for Research on Cancer
FUNDACENTRO - Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Medicina e Segurança do Trabalho.
NR - Norma Regulamentadora
LOCH - Labor Occupational safety and Helth Administation
TWA - Time-Weighted Average
µm/m³ - Microgramas por metros cúbicos
ATS - Advanced Technology Services
REL - Limite de exposição recomendado
PPM - Partes por Milhão
ABIFA - Associação Brasileira de Fundição
HD - Filtro Dor Oliver
PVC - Policarbonato deVinil Celulose
µm - Microgramas
µ - Micron
l - Litros
Cs - Concentração correspondente ao percentual de sílica
Cp - Concentração correspondente ao percentual de poeira respirável
H - Hora
Mppdc - Milhões de partículas por decímetro cúbico
H₂O - Água
Pa - Pascal
CAT - Comunicação Acidente do Trabalho
GHE - Grupo Homogêneo de Exposição
Cc/mim - Centímetros cúbicos por minuto
Cm - Centímetro
Cm³/min - Centímetro cúbico por minuto

l/min - Litros por minuto
mm - milímetros
oC - Grau centígrado
TBS - Termômetro de bulbo seco
TBU - Termômetro de bulbo úmido
TG - Termômetro de globo
RPM - Rotações por minuto
m/s - Metros por segundo
Kg - Kilograma
GLP - Gás liquefeito de petróleo
PCMSO - Programa de controle médico e saúde ocupacional
H - Horas
CQ - Controle de qualidade
CO - Monóxido de carbono
CO₂ - Dióxido de carbono
TMU - Tongji Medical University
CESAT - Centro de Estudos de Saúde do Trabalhador
PTC - Pnecomoniose dos Trabalhadores de Carvão
TLV - Threshold Limit Value
g/m³ - Gramas por metro cúbico
FR - Fator de redução
<= - Menor ou igual