



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA**



HIGIENE OCUPACIONAL: AERODISPERSÓIDES TIPO POEIRAS SILICOSAS

GUILHERME GUAITOLINI

UBERLÂNDIA – MG

Junho 2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

HIGIENE OCUPACIONAL: AERODISPERSÓIDES TIPO POEIRAS SILICOSAS

GUILHERME GUAITOLINI

Monografia de graduação
apresentada à Universidade Federal de
Uberlândia como parte dos requisitos
necessários para a aprovação na disciplina
de Projeto de Trabalho de Conclusão de
Curso de Engenharia Química.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Amâncio
Malagoni

Coorientadora: Profa. Dra. Márcia
Gonçalves Coelho

UBERLÂNDIA – MG

Junho 2019

GUILHERME GUAITOLINI

HIGIENE OCUPACIONAL: AERODISPERSÓIDES TIPO POEIRAS SILICOSAS

Dissertação aprovada para conclusão da disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso da graduação em Engenharia Química na Universidade Federal de Uberlândia(MG), pela banca examinadora formada por:

Uberlândia, 26 de Junho de 2019.

Prof. Dr. Ricardo Amâncio Malagoni
(Orientador) (FEQUI/UFU)

Prof^a. Dr^a. Márcia Gonçalves Coelho
(Coorientadora) (FEQUI/UFU)

Prof. Dr. Mauro Marques Burjaili
(FEQUI/ UFU)

*Aos meus pais, Eunice e Edalciso, e ao meu irmão Stanley, pelo
imprescindível auxílio nesta minha jornada acadêmica. Essa
dedicatória é apenas um símbolo de gratidão por todo amor,
paciência e recursos dedicados à mim.*

AGRADECIMENTOS

Meus pais, Eunice e Edelciso, por estarem ao meu lado e sempre confiaram em mim em tudo que me propus a fazer, obrigado por todo o amor e carinho.

Ao meu irmão, Stanley, que me ensinou a ser forte.

Aos meus amigos mais próximos que me ensinaram o verdadeiro significado de ser bem quisto.

Em especial à Bárbara Eggert, Anne Lee Brandão, Marcelo Elias e Rodrigo Soares que me fazem lembrar que sempre haverá nossa Base Secreta, obrigado por sempre estarem lá.

À mim, por não me perder de quem realmente sou.

À minha co-orientadora e amiga Márcia pela dedicação, compromisso, confiança, ensinamentos e momentos de reflexão, sempre me levando a me tornar uma pessoa melhor e mais consciente.

Ao meu orientador Ricardo Malagoni por confiar na minha capacidade de execução deste trabalho.

Ao meu namorado Paulo por sempre me acolher e ser meu porto seguro.

Ao povo brasileiro que através de pesados impostos proporcionaram minha formação.

Aos professores da Faculdade de Engenharia Química da Universidade de Uberlândia por todo o conhecimento dedicado à mim ao longo desses anos.

À Universidade Federal de Uberlândia por toda a infraestrutura cedida para o aprimoramento do conhecimento científico.

*“Tudo o que temos que decidir é o que fazer
com o tempo que nos é dado.”
(Gandalf, O Senhor dos Anéis)*

*“Lembre-se de que há três coisas
que todo sábio deve temer:
o mar na tormenta,
uma noite sem luar
e a ira de um homem gentil.”
(Patrick Rothfuss, O Temor do Sábio)*

RESUMO

O tema trabalha a ligação entre a Higiene Ocupacional e os agentes químicos do tipo aerodispersóides com foco nas poeiras silicosas, tendo em vista, aclarar como a higiene ocupacional pode antecipar, reconhecer, avaliar e controlar tais agentes ambientais. Tratando-se de um trabalho de base teórica, os métodos utilizados foram a pesquisa por meio de livros, monografias, teses e artigos. Os agentes químicos estudados são do tipo poeiras silicosas, que podem gerar diversas doenças e até mesmo levar a morte do trabalhador, dependendo da sua concentração, tempo de exposição, características e suscetibilidade pessoal. As poeiras silicosas devem ser caracterizadas e quantificadas de uma forma técnica e segura na ambiência de trabalho, usando como referência os requisitos legais aplicáveis no Brasil e em legislação internacional, existindo tecnologias eficientes para a caracterização e quantificação das mesmas. Devem ser adotadas medidas de controle em relação a tais poeiras, seja em relação ao meio ambiente laboral, ou em relação ao ser humano, para garantia de salubridade em tais ambientes e a saúde do trabalhador.

Palavras-chave: Higiene; Ocupacional; poeiras silicosas

ABSTRACT

The topic talk about the connection between Occupational Hygiene and the chemical agents of the type aero dispersed with focus in the silica dust in order to analyze how the occupational hygiene can anticipate, recognize, evaluate and control those agents. As a theoretical work, the methods used was researches in books, undergraduate thesis, thesis and articles. The chemical agents studied are silica dust, which can develop diseases and even lead the worker to death, according to the concentration, time of exposure, characteristics of the agent and personal susceptibility. The silica dust must be characterized and quantified technically and safely in the work place, using as a reference the legal requirement applied in Brazil and in the internationals agencies, with efficient technologies to characterize and quantify those substances. Measures must be taken to control this kind of dust in the environmental or in the human context, to guarantee the salubrity of the work place and the health of the employee.

Keywords: Hygiene; Occupational; Silica dust

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Principais regiões do trato respiratório e suas correspondências.....	24
FIGURA 2 – Esquema da estrutura da sílica cristalina e amorfa.....	31
FIGURA 3 – Difratoograma de uma amostra de quartzo.....	32
FIGURA 4 – Bomba de amostra de poeira (bomba gravimétrica)	35
FIGURA 5 – Filtro de 37mm para medição de poeira torácica e respirável.....	37
FIGURA 6 – Dispositivo de coleta tipo IOM.....	37

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Classificação da partícula quanto ao seu tamanho.....	8
TABELA 2 – Porcentagens de massa de poeira inalável, torácica e respirável.....	19
TABELA 3 – Tipos de respiradores e suas características	45

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	AGENTES QUÍMICOS- AERODISPERSÓIDES, GASES E VAPORES.....	17
2.1	Aerodispersóides.....	17
2.2	Gases e Vapores.....	18
2.3	Classificação do material particulado quanto ao tamanho da partícula.....	18
2.4	Classificação do material particulado quanto ao efeito no organismo.....	19
2.4.1	Efeito Pneumoconiótico.....	20
2.4.2	Efeito Tóxico.....	20
2.4.3	Efeito Alérgico.....	20
2.4.4	Efeito Inérte.....	20
2.5	Tipos de particulados, efeitos e ocorrências no ambiente de trabalho.....	20
2.5.1	Poeiras não silicosas.....	21
2.5.1.1	Asbestos.....	21
2.5.1.2	Algodão.....	21
2.5.1.3	Calium.....	21
2.5.1.4	Madeira.....	22
2.5.1.5	Grãos (trigo, cevada)	22
2.5.1.6	PNOS.....	22
2.5.1.7	Partículas metálicas	22
2.5.1.8	Negro de fumo.....	23
2.5.2	Poeiras silicosas.....	23
2.6	Sistema respiratório e doenças ocupacionais.....	24
2.6.1	Sistema respiratório.....	24
2.6.2	Doenças ocupacionais.....	25
2.6.2.1	Saturnismo.....	26
2.6.2.2	Siderose.....	26
2.6.2.3	Asma Ocupacional.....	27
2.6.2.4	Silicose.....	27
2.7	Salubridade no ambiente de trabalho.....	28
3	AGENTES QUÍMICOS TIPO POEIRAS SILICOSAS.....	30

3.1	Sílica ou óxido de silício - SiO ₂	30
3.2	Formas de determinação da sílica em poeiras silicosas.....	31
3.2.1	Análise do quartzo por Espectroscopia de Difração de Raios-X.....	33
3.3	Avaliação da Exposição Ocupacional a Poeiras Silicosas.....	33
3.3.1	Histórico dos primeiros problemas ocupacionais apresentados pelas poeiras....	33
3.3.2	Parâmetros utilizados nas avaliações de particulados	34
3.3.2.1	Bomba gravimétrica de poeira.....	34
3.3.2.2	Meio de Coleta (Filtros, Porta-filtros e Suportes)	35
3.3.2.3	Sistema Separador de Tamanho de Partículas (Ciclone)	36
3.4	Limites de Tolerância para poeiras silicosas.....	38
4	FORMAS DE CONTROLE.....	40
4.1	Formas de controle relativas ao Meio Ambiente.....	40
4.1.1	Substituição do produto tóxico ou Nocivo.....	40
4.1.2	Mudanças ou Alterações no Processo ou Operação	40
4.1.3	Encenrramento ou Enclausuramento da Operação.....	40
4.1.4	Segregação da Operação ou Processo.....	41
4.1.5	Umidificação.....	41
4.1.6	Ventilação Local Exaustora.....	41
4.1.7	Ventilação Geral distribuidora	42
4.1.8	Ordem de limpeza.....	43
4.2	Medidas relativas ao homem.....	43
4.2.1	Limitação de tempo de exposição.....	43
4.2.2	Educação e treinamento.....	44
4.2.3	Equipamento de proteção individual.....	44
4.2.4	Controle médico.....	45
5	CONCLUSÃO.....	46
	REFERÊNCIAS.....	48

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento do ser humano em sociedade, ao longo tempo, tem mudado a forma como este interage e se relaciona com a natureza. Dessa forma tem-se percebido uma expansão exponencial da maneira como se produzem insumos e principalmente da escala produtiva necessária para abastecer toda a população, que cresce a passos largos.

Apesar das grandes vantagens advindas, o progresso também expôs os trabalhadores a diversos agentes potencialmente nocivos que, sob certas condições, podem provocar doenças ocupacionais ou desajustes no organismo decorrentes das condições de trabalho.

Da necessidade de criar ambientes de trabalho seguros desenvolveu-se o conceito de higiene ocupacional, que, com seu caráter prevencionista, teria como objetivo fundamental atuar nos ambientes de trabalho (e em ambientes afetados), aplicando princípios administrativos, de engenharia e de medicina do trabalho no controle e prevenção das doenças ocupacionais.

A American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) define higiene ocupacional como: “ciência e arte do reconhecimento, avaliação e controle de fatores ou tensões ambientais, originados do, ou no, local de trabalho e que podem causar doenças, prejuízos para a saúde e bem-estar, desconforto e ineficiência significativos entre os trabalhadores ou entre os cidadãos da comunidade” (AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS, 2018).

A Higiene Ocupacional tem como finalidade reconhecer, avaliar e controlar os fatores de riscos ambientais, ou seja, a probabilidade de causar dano através dos agentes ambientais (agentes físicos, químicos e biológicos) presentes no meio de trabalho. Segundo Saliba (2016), cada etapa de sua estrutura é constituída de seguinte forma:

(i) Reconhecimento

Consiste no reconhecimento, ou diagnóstico, dos agentes ambientais que afetam a saúde dos trabalhadores, o que implica um conhecimento profundo dos materiais envolvidos no processo, dos métodos de trabalho, do fluxo do processo, do layout das instalações, do número de trabalhadores expostos etc. Compreende também o planejamento da abordagem do ambiente a ser estudado, seleção dos métodos de coleta, bem como dos equipamentos de avaliação.

(ii) Avaliação

A avaliação quantitativa e/ou qualitativa investiga os agentes ambientais (físicos, químicos, biológicos) existentes nos postos de trabalhos. Exige-se conhecimentos de avaliação, que consistem basicamente na calibração dos equipamentos, no tempo de coleta, no tipo de análise química a ser feita. Essa etapa abrange dois ramos da Higiene Ocupacional: (a) higiene de campo: é responsável pela realização do estudo da situação higiênica no ambiente de trabalho, pela análise de postos de trabalho, pela detecção de contaminantes, pelo estudo e pela recomendação de medidas de controle para reduzir a intensidade ou a concentração dos agentes a níveis aceitáveis, além da coleta de amostras e medições dos agentes; (b) higiene analítica: realiza as análises químicas das amostras coletadas, bem como o cálculo e as interpretações dos dados levantados no campo.

(iii) Controle

De acordo com os dados obtidos nas fases anteriores, esta etapa consiste em propor e adotar medidas que visem à eliminação ou à minimização do risco presente no ambiente. O controle dos agentes ambientais consiste na adoção de medidas relativas ao ambiente e ao homem: (a) Medidas relativas ao ambiente ou medidas coletivas: são medidas aplicadas na fonte ou na trajetória, tais como substituição do produto tóxico, isolamento das partes poluentes, ventilação local exaustora, ventilação geral diluidora, limpeza dos locais de trabalho, dentre outras, sendo consideradas prioritárias; (b) medidas administrativas: compreendem, dentre outras, a limitação do tempo de exposição, os equipamentos de proteção individual, a educação e o treinamento, os exames médicos (pré-admissional, periódico e demissional); (c) EPI – Equipamento de Proteção Individual: Não sendo possível o controle coletivo ou administrativo, ou enquanto essas medidas estiverem sendo implantadas, ou, ainda, como complemento de proteção adotado, deve-se utilizar o EPI adequado aos riscos.

Os agentes ambientais nocivos seriam qualificados e quantificados, sendo propostas medidas de prevenção e controle necessárias para assegurar condições seguras à realização das atividades laborais.

Na higiene ocupacional, divide-se os riscos em: riscos físicos, riscos químicos, riscos biológicos e riscos ergonômicos (BRASIL, 1978).

Na normatização brasileira, a norma NR 09 considera os riscos ambientais promovidos por agentes ambientais físicos, químicos e biológicos existentes nos ambientes de trabalho, que,

em função de sua natureza, concentração ou intensidade e tempo de exposição, são capazes de causar danos à saúde do trabalhador (BRASIL, 1978).

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

Consideram-se agentes químicos as substâncias, compostos ou produtos que possam penetrar no organismo pela via respiratória, ou que, pela natureza da atividade de exposição, possam ter contato ou serem absorvidos pelo organismo através da pele ou por ingestão. São eles: poeiras, fumos, névoas, neblinas, fibras, gases e vapores.

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

No estudo da higiene ocupacional, os agentes químicos são classificados de acordo com o seu estado físico, como os aerodispersóides, gases e vapores. Segundo sua classificação física os aerodispersóides podem ser nominados poeiras, fumos, fumaças, neblinas e névoas ou fibras. No presente trabalho aprofundaremos os agentes químicos, em especial os aerodispersóides tipo poeiras.

Além da NR-9, a norma NR-15, datada de 1978, contida na Portaria 3.214, trata das atividades ou operações insalubres, definindo de maneira específica todos os agentes que podem ocasionar insalubridade no meio laboral, apontando limites de exposição saudáveis e possíveis situações de risco. Descreve também as ações jurídicas que devem ser tomadas quanto aos direitos do trabalhador.

No que se refere à agentes químicos a norma regulariza em seu anexo 11 diversos tipos de substâncias. Mais especificamente, são estabelecidos os limites de exposição a essas substâncias químicas, caracterizadas como perigosas à saúde humana. Contém dados de substâncias nocivas com informações necessárias para o seu controle, limites de tolerância (ppm e mg/m³ em até 48 horas por semana), além do seu grau de insalubridade.

Há também, no anexo 12, os limites de tolerância referentes às poeiras minerais, detalhando e definindo esse tipo de poluente (BRASIL, 1978).

No anexo 13 são abordados, respectivamente, os limites de tolerância referentes aos agentes químicos, definindo e classificando estas em: (a) Insalubridade de grau máximo; (b) Insalubridade de grau médio; (c) Insalubridade de grau mínimo (BRASIL, 1978).

Portanto, dentre os agentes químicos considerados na higiene ocupacional estão as poeiras. Entende-se por poeiras os materiais resultantes de quaisquer processos de estresse mecânico de materiais sólidos, gerando partículas suspensas que se depositam por ação da gravidade. Como exemplos de processos que originam tais materiais estão a mineração, a moagem, o peneiramento, dentre outros (MAGALHÃES, 2014).

As poeiras podem ser classificadas de acordo com o seu tamanho e faixa de visibilidade, podendo ser fonte de vários problemas relacionados à saúde do trabalhador.

O objetivo deste trabalho é abordar sobre os riscos ambientais promovidos por agentes químicos tipo poeiras silicosas, dentro da visão de higiene ocupacional e industrial, aplicando princípios e fundamentos da engenharia para assegurar condições seguras às atividades laborais, dentro de ambientes industriais.

Para a realização deste trabalho foi utilizado como material de estudo artigos e publicações técnicas sobre o tema. Também foram pesquisados os requisitos legais aplicáveis, incluindo-se normas, leis e portarias regulamentadoras vigentes.

Esta monografia está escrita segundo as normas da ABNT, sendo feita, no Capítulo 2, a descrição dos aerodispersóides, citando suas diferenças e origens. O capítulo 2 aborda também o sistema respiratório e as doenças ocupacionais causadas pelos agentes químicos presentes no ambiente de trabalho. No Capítulo 3, será descrita a avaliação das poeiras silicosas, segundo a NR 15, indicando limites de tolerância para estes agentes químicos no âmbito nacional e internacional. No Capítulo 4, são expostas as medidas de controle necessárias para o monitoramento eficaz dos agentes nocivos. Por fim, no Capítulo 5, são apresentadas as conclusões desta monografia e posteriormente as referências usadas.

2 AGENTES QUÍMICOS – AERODISPERÓIDES, GASES E VAPORES

São definidos pela NR-9 como agentes químicos as substâncias, resíduos químicos, compostos ou produtos que são capazes de adentrar o organismo humano e não humano através da ingestão, absorção da pele ou inalação. Tais compostos possuem ação tóxica e capacidade de contaminação do ambiente, gerando um meio de trabalho insalubre (BRASIL, 1978).

Podem ser classificados de acordo com seu estado físico ou efeitos fisiológicos. No tocante ao seu estado físico, esses agentes químicos podem ser classificados como: (a) Aerodispersóides; (b) Gases e Vapores.

2.1 Aerodispersóides

Segundo Peixoto, os aerodispersóides são definidos como partículas sólidas ou líquidas em suspensão no ar. Apresentam tamanho aproximado de 150 μm e são comumente chamados de aerossóis (PEIXOTO, 2012).

Sua capacidade de inalação pelo ser humano está relacionada ao seu tempo de permanência em suspensão no ar. Dessa forma, quanto menor o diâmetro da partícula e sua densidade maior é a possibilidade desse agente penetrar o organismo (PEIXOTO, 2012).

Segundo Saliba (2016), os aerodispersóides são caracterizados de acordo com suas características físicas como: (a) Poeira; (b) Fumo; (c) Névoas e neblinas; (d) Fibras.

(a) Poeira: Resultantes de quaisquer processos de estresse mecânicos de materiais sólidos gerando partículas suspensas que se depositam por ação da gravidade. Entre os exemplos desses processos estão a mineração, moagem, peneiramento, entre outros. São partículas sólidas produzida por ruptura mecânica de um sólido (SALIBA, 2016). Geralmente, são maiores que 0,5 micrômetros. O sistema respiratório possui proteção contra as poeiras naturais, maiores que 10 micrômetros. Existe, uma faixa de poeiras respiráveis que vai de 0,5 a 10 micrômetros e que são geradas nos processos indústrias (BREVIGLIERO *et al.*, 2010).

(b) Fumo: São partículas sólidas geradas a partir de reações químicas ou da condensação de vapores, comumente após a volatilização de metais fundidos. Por exemplo na operação de soldas elétricas.

(c) Névoas e neblinas: São particulados líquidos gerados pela condensação de vapores liquefeitos em condições normais de pressão e temperatura ou por ruptura abrupta mecânica de

materiais líquidos. Como exemplo tem-se o particulado resultante de pinturas usando pistola de tinta.

(d) Fibras: Formados por ruptura mecânica de sólidos de característica alongada, com comprimento aproximadamente 3 a 5 vezes maior que o diâmetro. Podem ser de origem animal (lã, pelos de animais ou seda), vegetal (algodão, linho) ou mesmo mineral (asbesto, vidro e cerâmica)

2.2 Gases e Vapores

Os gases e vapores são agentes químicos que não se encontram na forma particulada, mas sim no estado gasoso da matéria.

Gases são substâncias que em condições normais de temperatura e pressão se encontram na forma gasosa. De forma semelhante, os vapores também se encontram no estado de gás, porém são líquidos em temperatura ambiente. Isso indica que os vapores são líquidos que estão acima do seu ponto de ebulição (SESI, 2007).

2.3 Classificação do material particulado quanto ao tamanho de partícula

O material particulado pode ser classificado de duas formas, quanto ao tamanho da partícula e ao efeito que esta proporciona no organismo após contaminado (SALIBA, 2016).

Quanto ao tamanho da partícula esse material pode ser caracterizado em sedimentável, visível, inalável, torácico e respirável, de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 - Classificação da partícula quanto ao seu tamanho.

TIPO DE PARTICULADO	TAMANHO APROXIMADO (μm)
Sedimentável	$10 < \varnothing < 150$
Visível	$\varnothing > 40$
Inalável	$\varnothing < 100$
Torácica	$\varnothing < 25$
Respirável	$\varnothing < 10$

Fonte: SALIBA, (2016).

Como é possível observar, há uma faixa de partículas que são invisíveis a olho nu, sendo necessário a utilização de equipamentos de medição para a identificação desses aerodispersóides (PEIXOTO, 2012).

As conversões adotadas pela ACGIH, ISSO e CEN para as porcentagens de massa de particulado em cada região de depósito em relação ao seu tamanho de partícula está representada na Tabela 2, onde o percentual MPI indica a massa de particulado inalável em porcentagem.

Tabela 2. Porcentagens de massa de poeira inalável, torácica e respirável.

Inalável		Torácica		Respirável	
Diâmetro aerodinâmico das partículas (µm)	Massa de particulado inalável (MPI %)	Diâmetro aerodinâmico das partículas (µm)	Massa de particulado torácico (MPI %)	Diâmetro aerodinâmico das partículas (µm)	Massa de particulado respirável (MPI %)
0	100	0	100	0	100
1	97	2	94	1	97
2	94	4	89	2	91
5	87	6	80,5	3	74
10	77	8	67	4	50
20	65	10	50	5	30
30	58	12	35	6	17
40	54,5	14	23	7	09
50	52,5	16	15	8	05
100	50	18	9,5	10	01
		20	06		
		25	02		

Fonte: SANTOS, (2001).

2.4 Classificação do material particulado quanto ao efeito no organismo

Após a contaminação do organismo, esse material particulado pode ser classificado de acordo com o efeito causado no trabalhador. São essas as classificações: pneumoconiótica, tóxica, alérgica e inerte.

Segundo Santos (2001), os efeitos dos materiais particulados no organismo são pneumococióticos, tóxicos, alérgicos e inertes.

2.4.1 Efeito pneumocociótico

A classificação pneumoconiótica indica a capacidade de provocar algum tipo de pneumoconiose. Alguns desses efeitos são fibrogênicos, ou seja, são capazes de iniciar uma reação que cria uma fibrose localizada na região pulmonar. Essas lesões pulmonares deterioraram as funções do pulmão e são irreversíveis, podendo acarretar sérios problemas cardíacos.

2.4.2 Efeito Tóxico

Nesta classificação estão as poeiras com a capacidade de causar alguma doença se inalada ou ingerida. Esse tipo de contaminação se dá além do sistema respiratório, agindo em outras regiões do corpo como fígado, rins ou mesmo no sistema nervoso central.

2.4.3 Efeito Alérgico

Nesta classificação estão as poeiras capazes de desencadear algum processo irritante, podendo causar irritação da mucosa dos olhos, tosse, espirros, vermelhidão ou inchaços.

2.4.4 Efeito Inerte

Nesta classificação estão as poeiras que possuem a capacidade de gerar doenças de graus mais brandos e reversíveis, normalmente bronquites ou resfriados.

2.5 Tipos de particulados, efeitos e ocorrências no ambiente de trabalho

Após o estudo dos tipos de agentes químicos nocivos à saúde no ambiente laboral, o presente trabalho irá aprofundar o conhecimento dos aerodispersóides tipo poeiras.

Como foi abordado, existem inúmeros tipos de partículas suspensas no ar no ambiente cotidiano do ser humano, porém, no ambiente de trabalho pode ocorrer a presença de alguns particulados peculiares, típicos em certos ambientes insalubres. A variedade de tipos distintos de poeira presente nesses ambientes, às quais os trabalhadores muitas vezes estão expostos, é bastante grande, seja na forma de misturas ou mesmo puras (SANTOS, 2001).

Uma característica importante a ser destacada sobre as poeiras é sua composição, dessa forma, para o presente trabalho é interessante a separação das poeiras em silicosas e as não silicosas.

2.5.1 Poeiras não silicosas

As poeiras não silicosas podem possuir características bastante diferentes entre si, segundo Saliba (2016). São consideradas poeiras não silicosas os asbestos, o algodão, o calium, os grãos, a madeira, os PNOS (Partículas não especificadas de outra maneira), as partículas metálicas e o negro de fumo.

2.5.1.1 Asbestos

Os asbestos são os particulados formados por fibras. A maneira como esse tipo de poeira agride o organismo é através de seu formato, dependendo de sua forma pode possuir propriedades cancerígenas. Podem se classificar em naturais ou artificiais e sua inalação, em concentrações elevadas, pode causar insuficiência respiratória ou, em casos mais extremos, câncer de bronquial ou mesostela.

Sua principal ocorrência se dá em indústrias de fabricação de telhas, amianto, caixas-d'água ou mesmo em indústrias de papel e papelão.

2.5.1.2 Algodão

O contato com esse tipo de particulado, quando em altas concentrações, pode causar uma doença chamada bissinose. Seus sintomas são: dor no peito, tosse, dificuldade respiratória e dispneia.

Pode ocorrer em locais com fabricação de tecidos, nos setores de abertura ou fiação. Também há grande exposição na indústria de confecção.

2.5.1.3 Calium

A inalação desse tipo de aerodispersóide, quando em altas concentrações, pode causar danos à pele e às mucosas, podendo também ocasionar pneumoconiose.

Ocorre, principalmente, em mineradoras de calium, extração ou mesmo no beneficiamento.

2.5.1.4 Madeira

É definido como qualquer partícula em suspensão decorrente do manuseio da madeira. Pode ocasionar diversos tipos de complicações na saúde, desde irritações, alergias dermatite ou mesmo câncer (ACGIH, 2014).

Está presente em locais onde há fabricação de móveis, serralherias ou indústrias de celulosa ou na construção civil.

2.5.1.5 Grãos (trigo, cevada)

A exposição à esse tipo de poeira pode culminar na “febre-do-grão”, sendo seus sintomas: chiado no peito, tosse, bronquite, e irritações nasais e nos olhos.

Sua exposição se dá, principalmente, na agricultura, portos ou em locais onde há armazenamento de produtos agrícolas.

2.5.1.6 PNOS (Partículas não especificadas de outra maneira)

Os PNOS são partículas que possuem baixa solubilidade ou mesmo insolúveis em água, que mesmo inertes e não tóxicos causam alguma disfunção na saúde do trabalhador.

Estão presente em atividades como: fábricas de cimento, cal ou indústria de papel.

2.5.1.7 Partículas metálicas

Os efeitos das partículas metálicas no organismo podem diferir de acordo com o tipo de substância presente em sua composição. Logo, dependendo do tipo de atividade que é executada pode ocorrer a exposição por: ferro, manganês, chumbo, cromo, zinco e outros metais. Cada uma dessas substâncias pode levar a complicações distintas na saúde, como pneumoconioses, saturnismo, manganismo, dentre outras.

A ocorrência desses tipos de contaminantes se dão em atividades como: mineração, fabricação de baterias, soldagem, etc.

2.5.1.8 Negro de fumo

A exposição ao negro de fumo pode causar efeitos sobre os pulmões. Ainda não são conclusivos os estudos ligando a exposição de negro de fumo a efeitos carcinogênicos no ser humano, porém a ACGIH não considera este agente sob suspeitas de possuir esse tipo de complicação.

Fabricação de borrachas é onde ocorre a exposição desse contaminante com maior frequência.

2.5.2 Poeiras Silicosas

No que se refere às poeiras silicosas, é de suma importância sua identificação e caracterização, uma vez que sua periculosidade para o organismo é observada desde os primórdios da sociedade atual.

Historicamente é registrado que há muito se buscava a proteção contra poeiras de sílica, datando de cerca de dois mil anos. Havia a utilização de máscaras utilizadas pelos trabalhadores em busca de proteção, já que era observado que a mistura da poeira com o ar era responsável por um comprometimento dos pulmões (FAGUNDES *et al.*, 2006).

A sílica é encontrada em grande quantidade e abundância no meio ambiente e possui fórmula química SiO_2 . Sua estrutura pode ser cristalina, cristalizando-se em diferentes estruturas: quartzo, cristobalita, tridmita ou amorfa, as quais apresentam diferentes graus de periculosidade de acordo com sua forma (SALIBA, 2015).

São diversos os fatores que interferem na intensidade fibrogênica das sílicas, dentre eles estão: a concentração de poeira inalada, o teor da sílica, a forma das estruturas cristalinas, seus tamanhos e tempo de exposição (SALIBA, 2015).

A sílica na forma cristalina, quando não ligada a nenhum outro elemento químico, é o composto responsável pela silicose, doença do trato respiratório. Logo, quanto maior a concentração desse tipo de cristal maior é o grau de periculosidade dessa poeira (KULSCAR NETO, 1992).

Os ramos de operações que envolvem esse tipo de exposição do trabalhador são diversos e estão principalmente ligados às indústrias de base, como, a mineração, siderúrgicas, extração de calcário, construção civil e fundição (SALIBA, 2015).

2.6 Sistema Respiratório e Doenças Ocupacionais

2.6.1 Sistema respiratório

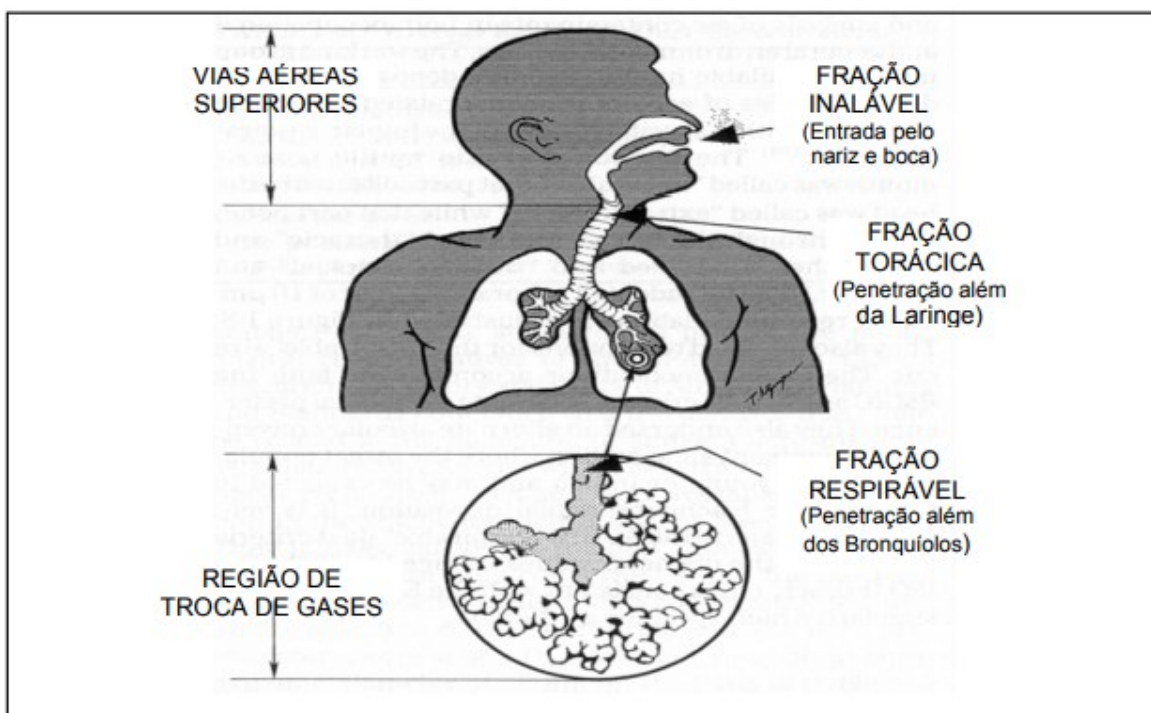
Segundo Santos (2001), a principal forma de contaminação do organismo humano, se dá pela inalação. Os efeitos desse tipo de particulado no corpo dependem da sua concentração no ar, composição, local de deposição além do tempo de exposição.

O principal fator para riscos de exposição está relacionado ao lugar em que este irá depositar no sistema respiratório. Devido ao seu tamanho e as defesas do corpo, alguns desses agentes não são capazes de penetrar no trato respiratório ao serem inalados (SANTOS, 2001).

A passagem dessas substâncias pelo sistema respiratório se dá pelo nariz, boca, faringe, laringe, árvore traqueobronquial e alvéolos pulmonares.

A Figura 1 apresenta de forma esquemática as principais regiões do trato respiratório e sua correspondência como as frações inaláveis, torácicas e respiráveis e seus locais de depósito no sistema respiratório.

Figura 1 - Principais regiões do trato respiratório e suas correspondências.



Fonte: ACGIH, (1989).

O nariz funciona como um filtro natural, onde o ar inalado é aquecido e umedecido e o local onde as partículas de maior diâmetro ficam retidas. Essa contenção acontece no impacto com as paredes nasais e pêlos presentes nesse órgão, além da sedimentação. Esses particulados retidos são eliminados do corpo através de espirros. Outra forma de retenção dessas substâncias é a sua contenção pelas mucosas da boca, garganta, faringe e laringe, e podem ser eliminadas ao serem engolidas ou ao cuspir (SANTOS, 2001).

No trecho da árvore traqueobronquial as partículas são sedimentadas ou depositadas na parede através do impacto. Até esse ponto esse particulado pode ser impulsionado para o exterior do trato respiratório por cílios presentes nessa região (SANTOS, 2001).

Partículas que chegam até os alvéolos pulmonares se depositam nessa região por sedimentação ou até mesmo por difusão. A velocidade do ar nessa região já é bastante pequena, uma vez que percorreu um longo caminho até os pulmões, facilitando sua deposição. O mecanismo de retirada dessas substâncias nessa região é bastante lento e pouco conhecido (SANTOS, 2001).

Partículas menores que 100 μm são inaláveis, ou seja, são capazes de entrar no sistema respiratório através da boca ou nariz, já as torácicas (tamanhos menores que 25 μm) são capazes de penetrar além da laringe, alcançando as regiões de troca de gases do pulmão. Porém, algumas partículas são capazes de penetrar na região alveolar, essas são as respiráveis e possuem tamanho inferior à 10 μm (SANTOS, 2001).

A partir desse cenário é possível concluir sobre a necessidade do controle dessas partículas, uma vez que entende-se a gravidade da exposição indevida a este tipo de substância.

2.6.2 Doenças Ocupacionais

As doenças ocupacionais são aquelas desencadeadas pelo próprio exercício do trabalho. São causadas por micro traumas, que através de longa exposição, agredem o organismo humano, tendo um efeito cumulativo, que resulta em algum tipo de disfunção (MONTEIRO, 2016).

São alguns exemplos de doenças ocupacionais: saturnismo, siderose, asma ocupacional e silicose.

2.6.2.1 Saturnismo

Doença ocupacional ocasionada pela exposição ao chumbo. Possui grande ocorrência em metalúrgicas, indústrias de baterias, petrolíferas, siderúrgicas, entre outras onde há contato com substâncias contendo chumbo (KOSNETT, 2003).

Ocasiona sintomas como náuseas, dores abdominais, vômitos com aspecto leitoso, gosto metálico na região da boca e sensação adstringente. Em virtude de reações do chumbo com compostos sulfurosos presentes no intestino pode apresentar fezes escuras com coloração negra (KOSNETT, 2003).

Sua intoxicação crônica é mais recorrente e pode se manifestar em diversos sistemas do corpo humano. O primeiro sintoma normalmente é a anorexia, que ocasiona a perda de peso, além de irritabilidade, fadiga e anemia. Com o tempo é percebida a falta de coordenação, dores no abdômen, articulações e distúrbios sensitivos em extremidades. Em casos mais graves pode o vômito se torna mais persistente, ocorrem períodos de torpor ou letargia, delírios, convulsões e de forma mais perigosa o coma (KOSNETT, 2003).

2.6.2.2 Siderose

A siderose é uma doença pneumoconiótica ocasionada pela inalação de poeiras ou fumos possuindo óxidos de ferro. Pode ser encontrada em trabalhadores que exercem algum tipo de atividade extrativa de minério de ferro, metalurgia de aço, ligas e ferro, polimento de metais com óxido em cutelaria de aço além de outras atividades em contato com óxidos férreos (SOUZA *et al.*, 1998).

Essa doença geralmente não apresenta nenhum sintoma, sendo denominada pneumoconiose benigna. Logo, é uma doença que não resulta em grandes complicações para o trabalhador, porém precisa ser tratada por poder ocasionar câncer de pulmão (SOUZA *et al.*, 1998).

Há também o risco de exposição a outros tipos de agentes prejudiciais, dependendo do tipo de atividade exercida. Na mineração, em contado com os óxidos de ferro pode haver também sílica, em diversas concentrações. Esse tipo de poeira quando inalada pode acarretar em um outro tipo de pneumoconiose, a siderossilicose (SOUZA *et al.*, 1998).

2.6.2.3 Asma Ocupacional

É ocasionada pela exposição à diversos agentes, físicos e químicos como poeiras, fumos, gases e vapores. É definida como uma obstrução reversível ao fluxo aéreo e/ou hiperreatividade brônquica causada pela inalação desses agentes químicos relacionada ao ambiente de trabalho e não a estímulos externos (BERNSTEIN *et al.*, 1993).

Há também, de forma similar, a asma agravada pelas condições de trabalho. Entende-se pela asma já existente, assintomática ou não, que foi agravada pela exposição ocupacional do trabalhador aos agentes citados (VANDENPLAS *et al.*, 2003).

2.6.2.4 Silicose

Doença pulmonar incurável ocasionada pela exposição à sílica cristalina, dióxido de silício, que após inalado provoca cicatrizes permanentes nos pulmões (BON, 2006).

A sílica penetra o trato respiratório gerando fibrose do tecido pulmonar dificultando as trocas gasosas nos alvéolos. Uma vez iniciada a doença é irreversível e geralmente progressiva (BON, 2006).

O fator mais agravante para o desenvolvimento da silicose é a concentração de sílica respirável no ambiente de trabalho. Porém existem outros fatores agravantes, como o tamanho da partícula, tempo de exposição e a origem da sílica (BON, 2006).

Pode ser descrita por três formas clínicas distintas:

a) Silicose crônica

Algranti *et al.* (2003), descrevem a silicose crônica como de forma nodular simples e de ocorrência de longo período após início da exposição (10 a 20 anos), a níveis baixos de poeira contendo sílica. É caracterizada pela presença de pequenos nódulos, menores que 1 cm de diâmetro presentes nos pulmões.

b) Silicose subaguda

Apresenta alterações após cinco anos de exposição à sílica. A anatomia mostra presença de nódulos e descamação celular nos alvéolos. Os sintomas respiratórios, nessa circunstância, costumam ser precoces. É o caso da silicose observada em cavadores de poços e mineiros de ouro de subsolo (HOLANDA *et al.*, 1995).

c) Silicose aguda

Está associada a exposições mais severas à sílica. O tempo de exposição ocupacional pode variar de meses até quatro a cinco anos. Este tipo de exposição normalmente ocorre no jateamento de areia ou moagem de rochas. É um caso mais grave da doença podendo evoluir para a morte por insuficiência respiratória (FERREIRA, 1999).

2.7 Salubridade no ambiente de trabalho

Trivelato (1998) conceituou risco como a possibilidade de um dano ou efeito adverso e de ocorrência incerta. Logo, o fator de risco é “uma condição ou conjunto de circunstâncias que tem potencial de causar um efeito adverso, podendo ser: morte, lesões, doenças ou danos à saúde, à propriedade ou ao meio ambiente”.

Esse risco pode ser classificado segundo a sua natureza: (a) físico: em forma de radiação, ruído, vibração, etc.; (b) químico: poeiras, fumos, gases e vapores etc.; (c) biológico: bactérias, fungos, vírus, etc.; (d) situacional: instalações, ferramentas, equipamentos, etc.; (d) humano ou comportamental: decorrentes da ação ou omissão humana (TRIVELATO, 1998).

É notável a importância do local de trabalho no estado de saúde do trabalhador em se tratando de doenças ocupacionais. Existem, dessa forma, implicações éticas, técnicas e legais que repousam sobre a empresa no provimento de ações na manutenção da saúde de seus colaboradores (MPSS, 2001).

Logo, o estabelecimento de um nexos entre uma determinada atividade e uma doença ocupacional, seja o dano individual ou coletivo, é a condição base para uma implementação de ações para a saúde do trabalhador (MPSS, 2001).

O indivíduo que trabalha apresenta perfis de adoecimento e morte como os da população em geral, porém, o meio ocupacional pode apresentar agravantes para doenças preexistentes ou o surgimento de novas. Dessa forma, a situação resultante é a amalgamação desses fatores.

As doenças ocupacionais podem ser divididas em: (a) doenças comuns sem nexos com a atividade laboral; (b) doenças comuns que são alteradas ou tornadas mais frequentes ou mesmo ocorrência precoce devido às condições de trabalho, um exemplo é a hipertensão causada por estresse; (c) doenças comuns que tem seu quadro tornado mais complexo devido à atividade do trabalho, como asma ou mesmo perda auditiva; (d) agravos específicos da saúde

do trabalhador, ocasionadas pela exposição de certos agentes presentes na atividade de trabalho, um exemplo é a silicose (MENDES, 1999).

Para a investigação desses riscos no ambiente de trabalho é necessário estabelecer um foco na apuração para enfim estabelecer medidas e ações de segurança.

Nessa etapa é de suma importância a comunicação direta com o trabalhador, para o sucesso da investigação do nexo atividade-doença, seja individual ou coletivo. Apesar da grande evolução das técnicas para o estudo desse nexo, na maioria das vezes, apenas os trabalhadores, que estão em contato direto com o processo e sua rotina, sabem descrever as condições reais e imprevistos que ocorrem no dia-a-dia e sabem explicar na prática a causa das complicações na saúde (MPSS, 2001).

Após estabelecida a relação saúde-trabalho-doença deve-se assegurar uma orientação ao trabalhador, e de sua família, no que se refere ao problema de saúde surgido e aos desdobramentos médicos necessários para o estabelecimento da saúde e a melhoria da qualidade de vida (MPSS, 2001).

O ciclo de transmissão do risco deve ser quebrado o mais rapidamente possível. Dessa forma, a entidade responsável pela saúde do trabalhador deve controlar o risco na fonte, ou seja, promover meios para que a insalubridade seja extinta ou diminuir ao máximo o contato do trabalhador com o agente causador da enfermidade. Caso contrário, se apenas medidas paliativas forem tomadas, a saúde do empregado não estará resguardada, a doença tornará a se apresentar (MPSS, 2001).

Portanto, os agentes químicos gases e vapores e os aerodispersóides podem causar sérios danos à saúde de humanos, devendo ser eliminados do ambiente de trabalho, afim de manter a salubridade deste ambiente.

3 AGENTES QUÍMICOS TIPO POEIRAS SILICOSAS

Será apresentada neste capítulo uma abordagem sobre o óxido de silício, as formas de determinação deste óxido em poeiras silicosas, bem como aspectos de sua análise por Espectroscopia de Difração de Raios-X e formas de avaliação à exposição a tais agentes químicos. Além disso, serão expostos nesse capítulo os limites de tolerância regidos pelas normas para esse contaminante, nacional e internacionalmente.

3.1 Sílica ou óxido de Silício - SiO_2

O composto químico dióxido de silício, também conhecido como sílica, é o óxido de silício cuja fórmula química é SiO_2 . Em seu estado natural, pode ser encontrado em diversas formas diferentes.

A sílica é um dos principais componentes existentes no planeta e pode ocorrer em duas formas distintas, cristalina ou amorfa. A forma cristalina pode ser encontrada em um ou mais formatos, fenômeno chamado polimorfismo, sendo essas diferidas na posição ou orientação de sua estrutura interna (unidade básica tridimensional) (IARC, 1997).

A estrutura interna da sílica é formada por tetraedros ligados uns aos outros pelos seus vértices, ocupados pelo Oxigênio, e no centro está localizado o átomo de Silício. Dessa forma, cada vértice liga um tetraedro ao outro (SANTOS *et al.*, 2008).

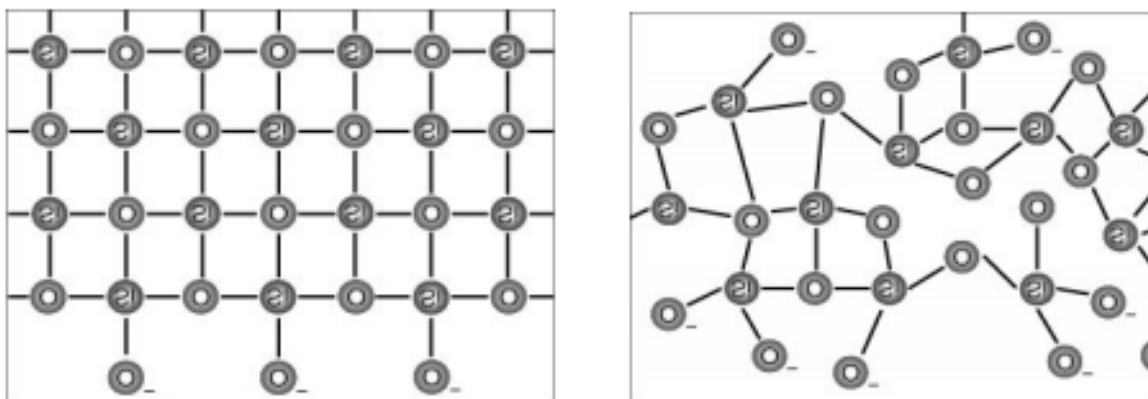
A forma interna dos tetraedros na sílica cristalina estão alocados de forma a se apresentarem direcionados, ligados de forma a criar uma rede tridimensional orientada. Padrão que não ocorre na forma amorfa, a qual se apresenta de maneira aleatória, com estrutura interna desordenada (SANTOS *et al.*, 2008).

As formas naturais existentes da sílica cristalina são: α -quartzo, β -quartzo, α -tridimita, β_1 -tridimita, β_2 -tridimita, α -cristobalita, β -cristobalita, coesita, stishovita e moganita (IARC, 1997).

Essas formas cristalinas são estáveis em condições distintas de temperatura e pressão, sendo o α -quartzo, conhecido como *low quartz*, e sob condições normais de pressão e temperatura, é a forma estável mais comum da sílica na crosta do nosso planeta, também sendo chamada de sílica livre cristalizada (LIMA *et al.*, 2006).

É apresentado na Figura 2 o esquema das estruturas das sílicas cristalinas (esquerda) e amorfas (direita).

Figura 2 - Esquema da estrutura da sílica cristalina e amorfa.



Fonte: SANTOS *et al.*, (2008)

Estando na forma amorfa ou cristalina ambas apresentam diferentes graus de periculosidade de acordo com sua forma (SALIBA, 2015).

São diversos os fatores que interferem na intensidade fibrogênica das sílicas, dentre eles estão: a concentração de poeira inalada, o teor da sílica, a forma das estruturas cristalinas, seus tamanhos e tempo de exposição (SALIBA, 2015).

A sílica na forma cristalina, quando não ligada a nenhum outro elemento químico, é o composto responsável pela silicose, doença do trato respiratório. Logo, quanto maior a concentração desse tipo de cristal maior é o grau de periculosidade dessa poeira (KULSCAR NETO, 1992).

Os ramos de operações que envolvem esse tipo de exposição do trabalhador são diversos e estão principalmente ligados às indústrias de base, como, a mineração, siderúrgicas, extração de calcário, construção civil e fundição (SALIBA, 2015).

3.2 Formas de determinação da sílica em poeiras silicosas

As técnicas para a determinação da sílica na poeira existente nos ambientes de trabalho baseiam-se nas distintas interações que essa substância possui com reagentes químicos ou mesmo com radiações eletromagnéticas.

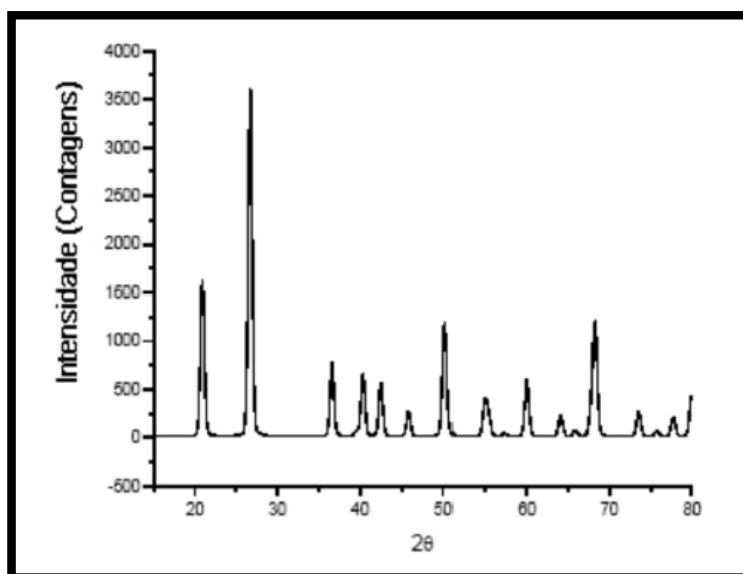
Os métodos para a sua determinação via meio úmido utiliza das diferentes interações da sílica presente no particulado em diferentes solventes, como ácidos e bases. Esse material pode estar nas suas formas cristalina e amorfa, além de outras substâncias como silicatos e outros minerais. No caso da sílica cristalina, a determinação é possível através de sua suscetibilidade ao ataque químico, o que não ocorre nas suas outras formas, sendo essas então solubilizadas no meio reacional (NIOSH, 2003).

Existem também métodos instrumentais que utilizam a interação da matéria presente na amostra com os diferentes tipos de radiação eletromagnética como o Raio-X. São utilizados esses dois tipos de técnicas para a análise por serem mais exatos que os métodos via úmida. Porém, mesmo como essa diferença de exatidão, cada método possui sua particularidade, o que viabiliza sua utilização de acordo com a relação custo benefício (FUNDACENTRO, 2009).

Em geral, os métodos via úmida são muito imprecisos, quando se trata da diferenciação das formas da sílica cristalina e amorfa ou mesmo a não distinção de outros compostos como silicatos ou outros minerais compostos de sílica. Tal fato se dá pela reatividade similar que esses compostos possuem em relação à sílica. Porém este método pode ser utilizado de forma preliminar à análise com Raios-X, com o intuito de remover algumas substâncias que podem interferir na análise, como por exemplo os silicatos ou outras fases de ferro (NIOSH, 2003).

Na Figura 3 é apresentado um difratograma de uma amostra contendo quartzo, onde é possível identificar os picos característicos da presença de quartzo na amostra analisada.

Figura 3 – Difratograma de uma amostra de quartzo



Fonte: MAGALHÃES, (2014)

3.2.1 Análise do quartzo por Espectroscopia de Difração de Raios-X

No que se refere a identificação de compostos cristalinos, a Espectroscopia de Difração de Raios-X se mostra extremamente útil, já que o padrão de difração das substâncias são únicos e caracterizados por picos bastante nítidos em regiões fixas. Entretanto este tipo de análise só se mostra útil para substâncias que possuem um ordenamento atômico bastante definido e de longo alcance, se tornando uma grande vantagem para a área da higiene ocupacional. Esta técnica é de grande utilidade na identificação de sílica cristalina presente na poeira no ambiente de trabalho (CLARK *et al.*, 1954).

Segundo Chen *et al.* (2010), a sensibilidade apenas de compostos cristalinos e a possibilidade da determinação das formas polimorfas de sílica, cristobalita, tridmita e quartzo, fazem desse método um aliado muito importante para esse segmento.

É de suma importância essa diferenciação das formas da sílica, uma vez que órgãos legisladores como ACGIH apontam limites específicos de exposição para os diferentes tipos de sílica cristalina (HURST *et al.*, 1997). Os argumentos apresentados, como maior exatidão, possibilidade de identificação das sílicas cristalinas, tornam essa técnica a mais utilizada na determinação dessa substância no campo da higiene ocupacional em todo o mundo (SALTER *et al.*, 1994).

3.3 Avaliação da Exposição Ocupacional a Poeiras Silicosas

3.3.1 Histórico dos primeiros problemas ocupacionais apresentados pelas poeiras

Os primeiros problemas observados em relação a inalação de poeiras em ambientes de trabalho, no que se refere a doenças respiratórias, datam de 460 a.C. por Hipócrates, que, através de observações, percebeu problemas pulmonares em mineradores (LIDO, *et al.*, 2007).

Diversos outros pesquisadores trataram do estudo das poeiras, em diversos ramos da ciência, a enxergando como um agente nocivo à saúde. Alguns exemplos como Galeno, Platão, Marcial podem ser citados. Em 1672, Van Diemerbroeck pôde estudar diversos corpos de homens que trabalhavam cortando pedras e observou, ao estudar seus cadáveres, que seus pulmões não estavam com aparência normal, pareciam ser feitos de areia (SALIBA, 2016).

O principal veículo das poeiras para dentro do organismo é através de sua inalação, tendo o corpo diversas barreiras para impedir que essas partículas cheguem até camadas mais

profundas do pulmão. Esses mecanismos são os mucos ou mesmo pelos, que fazem com que o material se deposite no trato respiratório ao longo do caminho (SANTOS, 2001).

Seus efeitos no corpo humano, quando inaladas, dependem das espécies químicas que a compõem, sua concentração em suspensão no ar, o tamanho da partícula (que está relacionado em qual lugar essa poeira irá se depositar no sistema respiratório) e o tempo de exposição que o trabalhador está sujeito à esse agente (SANTOS, 2001).

3.3.2 Parâmetros utilizados nas avaliações de particulados

Com o objetivo da prevenção de doenças ocupacionais faz-se necessário o controle eficiente da salubridade do ambiente de trabalho, para isso é de interesse a detecção e quantificação dos agentes que possam ser maléficos à saúde humana.

Para esse fim é possível a utilização de instrumentos de amostragem, meios técnicos no qual é possível coletar esse tipo de particulado para que seja quantificado posteriormente (VICENT, 1994).

Tais amostras são feitas com o auxílio de um conjunto amostrador composto por: (a) bomba de amostragem; (b) porta filtro, possuindo um filtro específico para o tipo de poeira que se pretende amostrar; (c) separador de partículas, quando é de interesse a coleta de uma faixa específica de tamanhos de particulado (FUNDACIÓN MAPFRE, 1991).

Para uma análise representativa é necessário que o conjunto de equipamentos utilizados consigam simular o mais próximo possível a respiração humana, fazendo com que o ar carregado de partículas passe por um dispositivo que seja capaz de reter aquelas que seriam capturadas pelos mecanismos naturais do trato respiratório (LIDÉN, 1994).

A técnica utilizada é a utilização de uma bomba de amostragem que aspira o ar insalubre e o transfere para um separador de partículas que seleciona as partículas de interesse, através de seu tamanho, que por fim passam por um filtro coletor que as retém (SANTOS, 2001).

3.3.2.1 Bomba gravimétrica de poeira

As bombas utilizadas para a amostragem de poeiras são de uso individual, possuindo capacidade de vazão de 1 a 3 litros por minuto e alimentadas por baterias de níquel/cádmio que são recarregáveis (SALIBA, 2016).

São as responsáveis pela aspiração do material em suspensão para os filtros, para serem coletados. Para a sua ideal manutenção é necessário o carregamento minucioso das baterias (SALIBA, 2016).

Um sistema automático é essencial para que haja um controle de fluxo do ar aspirado, funcionando com aproximadamente 5% de precisão. Esse valor de vazão selecionado varia de acordo com o método que será adotado para cada tipo de poeira que se pretende amostrar, além do separador de partículas escolhido (SANTOS, 2001).

A Figura 4 apresenta uma bomba de amostragem para poeira.

Figura 4 - Bomba de amostra de poeira (bomba gravimétrica)



Fonte: INSTRUBRAS, (2019)

3.3.2.2 Meio de Coleta (Filtros, Porta-filtros e Suportes)

Para a finalidade de coleta dos aerodispersóides, a técnica mais utilizada é a filtração. Dessa forma, é preciso escolher qual o tipo de meio filtrante será utilizado. Existem no mercado diversos tipos, com variadas propriedades, para atender aos requisitos de amostragem de particulados específicos (MURPHY, 1984).

No que se refere a poeira silicosa, o filtro utilizado é o de PVC, que possui 5 μ m de porosidade e 37mm de diâmetro. Esse tipo é utilizado pela capacidade de capturar partículas importantes do ponto de vista de retenção no tecido pulmonar, retraindo particulados de 0,5 a 10 μ m. Outro aspecto importante sobre esse filtro é o material, sendo o PVC o mais indicado

para a coleta de poeiras silicosas, já que possui alta eficiência de coleta, não é higroscópico e, principalmente, não interfere no método de análise química da sílica livre. Isso se dá pelo baixo teor de cinzas após a calcinação (SALIBA, 2016).

3.3.2.3 Sistema Separador de Tamanho de Partículas (Ciclone)

Quando se faz necessário a separação de partículas para análise de risco dentro de uma faixa específica de tamanhos, como é o caso das poeiras inaláveis, torácicas e respiráveis, é utilizado um equipamento para a selecionar as partículas da amostragem (SANTOS, 2001).

(i) Fração respirável

Para a coleta de particulado respirável há muito é empregado o uso de ciclones, que pode estar acoplado a um porta-filtro, contendo um mecanismo de filtragem adequado para a coleta das partículas de estudo (SANTOS, 2001).

O ciclone funciona de forma a ampliar a força G e fazer com que partículas de tamanhos maiores se choquem com às paredes e sejam coletadas na parte inferior, dessa forma, o particulado de menor diâmetro é retirado na corrente superior. O diâmetro dessas partículas pode ser selecionado mudando as condições de operação do equipamento.

(ii) Fração torácica

Para a amostragem da fração de particulado que se deposita nas regiões inferiores das vias aéreas, do pulmão e na região de troca de gases é utilizada um filtro de 37 mm montado diretamente no dispositivo de separação (SALIBA, 2016).

O dispositivo utilizado está ilustrado na Figura 5.

Figura 5 - Filtro de 37mm para medição de poeira torácica e respirável.



Fonte: FUNDACENTRO, (2009)

(iii) Fração inalável

Esse tipo de particulado gera riscos à saúde se depositado em qualquer lugar do trato respiratório, desde as vias aéreas superiores até a região de troca de gases. Para sua amostragem é utilizado um filtro de 25 mm, o qual é montado no dispositivo de separação (SALIBA, 2016).

A Figura 6 ilustra o filtro utilizado para retenção dessa faixa de particulado.

Figura 6 - Dispositivo de coleta tipo IOM.



Fonte: Fundacentro, (2009)

3.4 Limites de Tolerância para poeiras silicosas

No Brasil o responsável pela fiscalização, regulamentação e criação de normas relacionadas à saúde do trabalhador e segurança no trabalho é o Ministério do Trabalho e Emprego com a colaboração da Fundacentro (Fundação Jorge Duprat Figueiredo) (MAGALHÃES, 2014).

A instituição Fundacentro possui atribuições na área técnica, além de atuar em pesquisa, possuindo, principalmente, a finalidade de geração de estudos relacionados com a segurança, medicina e higiene no meio ocupacional (MAGALHÃES, 2014).

Em 1978, quando as normas regulamentadoras (NR) foram criadas, a necessidade da regulamentação da segurança no ambiente de trabalho ganhou evidência. Nessa época foram instauradas diversas recomendações técnicas, além de obrigatoriedades que as empresas deveriam seguir no que se diz respeito à prática da segurança do trabalho e higiene ocupacional (MAGALHÃES, 2014).

Dentre as Normas Regulamentadoras, a NR 15 diz respeito a exposição de trabalhadores aos agentes químicos, definindo as atividades e operações insalubres. Seu anexo 12 trata da exposição ocupacional a poeiras minerais. São abordadas poeiras como asbestos e sílica cristalizada, apresentando os limites de tolerância de exposição e de concentração no ambiente de trabalho (MTE, 1978).

Segundo MTE (1978), o limite de tolerância em se tratando de poeiras constituídas de sílica cristalina é dado pela Equação 1. Observa-se que o valor dessa tolerância é uma função da quantidade percentual de quartzo presente no particulado, entendido como teor de sílica respirável. Dessa forma, quanto maior a quantidade de sílica cristalina presente na poeira menor é o limite de tolerância.

$$LT = \frac{8 \text{ mg/m}^3}{2 + \%_{\text{quartzo}}} \quad (1)$$

Em uma análise internacional, os principais órgãos responsáveis pela regulamentação da higiene ocupacional possuem área de atuação no país ou continente. Especificamente na América existem principalmente três agências responsáveis por essa regulamentação, sendo elas: NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health), OSHA (Occupational Safety and Health Administration) e ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists). Sendo a NIOSH e OSHA, agências ligadas ao Departamento de Saúde

e Serviços Humanos e ao Departamento de Trabalho dos Estados Unidos (MAGALHÃES, 2014).

A NIOSH possui objetivo de produzir material científico e realizar pesquisas com o intuito de prevenir doenças ocupacionais, desenvolvendo metodologias de amostragem e análise para os agentes químicos. Já a OSHA possui o papel de regulamentação e aplicação de normas relacionadas a segurança do trabalho. Porém, assim como a NIOSH possui também possui uma forte ação em pesquisas sobre o tema, atuando também no desenvolvimento de metodologias para amostragem e análise dos agentes químicos (MILES *et al.*, 1994).

Por sua vez, a ACGIH se trata de uma associação profissional de higienistas ocupacionais. Dessa forma, trabalha com o objetivo de atingir novos avanços no que se diz respeito a proteção do trabalhador, fornecendo informações científicas aos profissionais de saúde ocupacional e ambiental. É dela também a responsabilidade do estabelecimento de limites de tolerância para a exposição ocupacional dos trabalhadores aos agentes químicos e biológicos (GÓMEZ-TENA *et al.*, 2012).

No que se refere ao estabelecimento dos limites de exposição, as agências supracitadas regulamentam valores de tolerância diferentes dos adotados no Brasil. A NIOSH estabelece 0,05 mg/m³ como limite de tolerância. Porém, a OSHA adota o limite da mesma forma que o Brasil, através de uma equação, porém com parâmetros diferentes, como o indicado na Equação 2 (MAGALHÃES, 2014).

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

A ACGIH, adota diferentes valores dependendo da constituição do particulado presente no ambiente insalubre. Na presença de quartzo o valor limite é de 0,1 mg/m³, já para poeiras contendo cristobalita e tridmita o valor decai para 0,05 mg/m³ (GÓMEZ-TENA *et al.*, 2012).

4 FORMAS DE CONTROLE

Após o estudo de como se identificar os agentes nocivos à saúde humana quando inalados e apresentar os limites de tolerância vigentes para a substância alvo deste trabalho, é necessário o controle dos contaminantes no ambiente de trabalho. Esse controle se faz em dois aspectos distintos, referente ao meio ambiente laboral e ao ser humano.

4.1 Formas de controle relativas ao Meio Ambiente

No que se refere às medidas de controle que podem ser tomadas em relação ao meio ambiente têm-se a tentativa de substituição do uso de alguns tipos de substâncias, alterações no processo ou instalação de equipamentos.

4.1.1 Substituição do produto tóxico ou nocivo

Um das medidas de controle é a tentativa de substituição do composto nocivo, sendo a maneira mais segura de eliminar ou ao menos minimizar os riscos de exposição do trabalhador. Esse método nem sempre é possível, uma vez que há pouco avanço tecnológico e científico no parque industrial do Brasil (SALIBA, 2016).

4.1.2 Mudanças ou Alterações no Processo ou Operação

De forma a evitar certos tipos de contaminações ou geração de ambientes insalubres, mudanças e alterações podem ser feitas durante o processo. Um exemplo é a utilização de pintura por imersão, ao invés de utilização de uma pistola, evitando contaminação (SALIBA, 2016).

4.1.3 Encerramento ou Enclausuramento da Operação

Trata-se do enclausuramento da operação realizada pelo trabalhador, evitando a dispersão do contaminante por todo o ambiente laboral. Tal confinamento pode ou não incluir o trabalhador que realizará o procedimento insalubre. Se o trabalhador estiver inserido no

encerramento, o mesmo deve portar os equipamentos de proteção individual apropriados (SALIBA, 2016).

4.1.4 Segregação da Operação ou Processo

Esta medida se refere ao isolamento da operação, tem o objetivo de limitar seu espaço físico fora da área de produção. Essa forma de controle deve ocorrer se não houver a possibilidade de alteração no processo ou qualquer mudança de método (SALIBA, 2016).

Sua adoção implica a diminuição do número de trabalhadores em contato com a atividade insalubre, sendo o trabalho feito com equipamentos de proteção devidos (SALIBA, 2016).

Pode ser feita de forma espacial, ou temporal. A segregação espacial se trata do isolamento do local em que a atividade será realizada, já a segregação relacionada ao tempo consiste na realização da atividade em horário onde há o menor número de pessoas no ambiente de trabalho, diminuindo o número de trabalhadores em contato (SALIBA, 2016).

4.1.5 Umidificação

Trata-se de um dos métodos mais antigos de controle de particulados. Sua eficiência depende, principalmente, de dois fatores: do umedecimento da poeira e sua disposição em local adequado após molhada (MESQUITA, 1977).

Como algumas formas de aplicação clássicas referentes a esse tipo de medida de controle, pode-se citar a utilização de água na operação de perfuração em minas e aspersão de água sobre as mandíbulas de britadores. O Ministério do Trabalho exige que as máquinas e ferramentas que são utilizadas no corte e acabamento de rochas ornamentais possuam um sistema de umidificação que seja eficiente no controle ou eliminação da geração de poeira decorrente desse tipo de prática (SALIBA, 2016).

4.1.6 Ventilação Local Exaustora

A ventilação local exaustora (VLE) tem como objetivo a captação de poluentes advindos de uma fonte, antes mesmo que estes se dispersem na atmosfera do ambiente de

trabalho e cheguem até o trato respiratório do trabalhador, ou seja, são captados diretamente no local de emissão (SALIBA, 2016).

Outro papel importante desse equipamento é o de captar os poluentes para posterior tratamento. Para que os poluentes emitidos por alguma fonte possam ser devidamente tratados, estes devem ser captados e levados para equipamentos de tratamento, como filtros lavadores, essa função muitas vezes é realizada pelo VLE (SALIBA, 2016).

Segundo Saliba (2016), estes equipamentos são constituídos, principalmente por:

- (i) Captadores: são responsáveis pela captação dos poluentes, a entrada no sistema e podem ser de três tipos: enclausurantes, tipo cabine ou externos;
- (ii) Sistema de dutos: São os responsáveis pelo transporte do agente captado pelos captadores.
- (iii) Ventilador: equipamento que fornece a energia necessária para o transporte do poluente através do VLE. Fornece a diferença de pressão entre o captor e a saída do sistema.
- (iv) Equipamentos de controle de poluição do ar: são os responsáveis pela retenção dos agentes nocivos, impedindo a dispersão destes no ambiente de trabalho. São exemplos: ciclones, filtros, receptores eletrostáticos, coletores úmidos, etc.

4.1.7 Ventilação Geral distribuidora

Trata-se de um método para insuflar o ar de um ambiente insalubre, que seja capaz de exaurir o ar, com o intuito de promover uma redução na concentração desses agentes nocivos. A redução desses particulados dá-se pela reinjeção de ar puro no ambiente insalubre, diminuindo a concentração dos agente que causam doenças ocupacionais, tornando-os mais dispersos e menos nocivos à saúde humana. Porém este é um método que não impede a emissão desses poluentes, apenas torna a exposição menos maléfica (OLIVEIRA, 2017).

A utilização dessa forma de controle não só diminui a concentração desses agentes, protegendo a saúde do trabalhador, como também traz conforto através da manutenção da temperatura e umidade do ar no ambiente de trabalho, protegendo também materiais e equipamentos (OLIVEIRA, 2017).

Para sua utilização é necessário que o poluente não esteja em quantidades que exceda a quantia que é capaz de ser diluída em um volume adequado de ar, e que os trabalhadores não estejam próximos demais à fonte emissora do poluente, podendo assim estarem sujeitos a

concentrações médias não concordantes com a legislação vigente. Além disso, a toxicidade do ar é preciso ser baixa ($LT > 500\text{ppm}$) e o poluente deve ser gerado uniformemente (OLIVEIRA, 2017).

Suas vantagens se dão desse tipo de medida dão-se pelo fato desta não interferir nas operações e processos industriais, além de ser mais vantajosa que a ventilação local exaustora em locais que estão constante modificações ou quando as fontes geradoras do poluente estão distribuídas no ambiente de trabalho. Porém esse método não é aconselhado para controle de poeiras e fumos, devido ao fato da quantidade de material gerado ser, normalmente, grande, tornando sua dispersão desaconselhável (OLIVEIRA, 2017).

4.1.8 Ordem de limpeza

Constitui numa medida eficaz no controle de poeiras, uma vez que os materiais acumulados nas máquinas podem dissipar a poeira no ambiente de trabalho (SALIBA, 2016).

Deve-se realizar a limpeza de pisos, máquinas e superfícies horizontais, onde pode haver deposição de material particulado, previsão de depósitos para materiais nocivos e de métodos adequados para seu transporte, além da devida disposição das operações visando o contato da menor quantidade de trabalhadores expostos (SALIBA, 2016).

Alguns métodos de limpeza podem agravar o quadro, logo, vassouras, escovas ou ar comprimido devem ser evitados, uma vez que contribuem para dispersão de particulados no ambiente de trabalho (SALIBA, 2016).

4.2 Medidas relativas ao homem

As medidas relativas ao ser humano para o controle dos agentes químicos se dão através da educação de boas práticas, limitação do tempo de exposição, utilização de EPIs durante o período de exposição ou mesmo a realização de exames médicos frequentes para detecção de possíveis problemas.

4.2.1 Limitação de tempo de exposição

Uma importante medida de controle é a redução do tempo de exposição do trabalhador, diminuindo seu período de trabalho. Esse método é utilizado quando outras medidas forem

impraticáveis ou insuficientes para o controle do agente nocivo. Dessa forma, a limitação do contato com o agente, seguindo critérios técnicos definidos, pode se tornar a solução mais efetiva ou mesmo a mais econômica (SALIBA, 2016).

4.2.2 Educação e treinamento

A educação e treinamento do trabalhador é essencial, visando a conscientização quanto aos riscos relacionados às operações realizadas, os riscos ambientais e formas operacionais adequadas que garantem a efetividade das medidas de controle adotadas (SALIBA, 2016).

4.2.3 Equipamento de proteção individual

A utilização dos equipamentos de proteção respiratória (EPR) tem como objetivo prevenir a exposição através da inalação dos trabalhadores aos agentes perigosos. Quando a prevenção da exposição ocupacional não for possível, é necessário que haja a adoção de outras medidas para o controle que não o uso do EPR. Dessa forma, faz-se necessário a utilização das medidas citadas anteriormente, para o controle efetivo dos agentes nocivos (TORLONI, 2016).

Segundo Torloni, 2016, o uso dos equipamentos de proteção respiratória é considerado o último recurso na hierarquia das medidas de controle e deve ser adotado exclusivamente após uma cautelosa avaliação dos riscos no ambiente de trabalho. Entretanto, existem em que ainda pode ser necessária a utilização dos EPR's. São elas:

- (i) Quando outras medidas de controle já foram adotadas, porém a exposição ao agente não está devidamente controlado;
- (ii) Quando o contato com o agente excede os limites de exposição e as medidas de controle ainda não foram completamente implantadas;
- (iii) Quando a exposição é ocasional e de curta duração, não sendo viável a adoção de medidas de controle permanentes. Alguns exemplos são: trabalhadores de manutenção, emergência, fuga e resgate.

Diferentes tipos de filtros devem ser utilizados, de acordo com o tipo de contaminante presente no ar do ambiente de trabalho. Em operações de exposição a gases e vapores acima do limite estabelecido devem ser usados respiradores de filtro químico, já para poeiras e fumos utiliza-se o mecânico. Em locais com a presença de gases, vapores e particulados sólidos devem ser usados respiradores de filtro combinado (TORLONI, 2016).

A Tabela 3 apresenta os tipos de equipamentos individuais respiratórios, se há ou não pressão da peça fácil, além de seu fator de proteção ao trabalhador.

Tabela 3 – Tipos de respiradores e suas características.

Tipo de respirador	Pressão da peça facial	Fator de proteção
A) Remoção de partículas		
Uso único, pó	-	5
¼ máscara, pó	-	5
Meia máscara, pó	-	10
Meia ou ¼ máscara, gás	-	10
Meia ou ¼ máscara, alta eficiência	-	10
Peça facial total, alta eficiência	-	50
Equipada, alta eficiência, com todos os acessórios	+	1000
Equipada, pó ou gás, com todos os acessórios	+	x
B) Remoção de vapor e gás		
Meia máscara	-	10
Peça total	-	50

Fonte: Saliba, (2016)

4.2.4 Controle médico

Os exames médicos que antecedem a contratação e os que são realizados periodicamente devem ser feitos como forma de controle da saúde geral dos trabalhadores, de detecção de fatores predisponentes as doenças profissionais, além de ser útil como avaliação da efetividade de outros métodos de controle adotados pela empresa.

Diante do exposto neste capítulo, conclui-se que as poeiras silicosas são altamente perigosas se não caracterizadas e quantificadas de uma forma segura na ambiência de trabalho, tendo como referência os requisitos legais aplicáveis no Brasil e em legislação internacional. Existem tecnologias para sua caracterização e quantificação. Além disso, devem ser adotadas medidas de controle em relação a tais poeiras, seja em relação ao meio ambiente laboral, que em relação ao ser humano.

5 CONCLUSÃO

Com o objetivo de antecipar, reconhecer, avaliar e controlar os agentes que podem provocar doenças no ambiente de trabalho, a higiene industrial visa proteger o trabalhador e garantir sua saúde e bem-estar, que pode ser prejudicada pelas condições presentes no meio laboral.

Dessa forma, objetiva o controle dos agentes ambientais presentes, podendo ser físicos, químicos ou biológicos. Esses agentes possuem a capacidade de provocar doenças ocupacionais de acordo com sua natureza, concentração ou tempo de exposição do trabalhador.

Em específico os agentes químicos podem ser classificados em aerodispersóides e gases e vapores. Em sua forma de aerodispersóide são caracterizados como poeiras, fibras, fumos, névoas ou mesmo neblinas, possuindo a capacidade de se manter em suspensão no ar, podendo alcançar o sistema respiratório do trabalhador em contato com essa atmosfera. Já os gases e vapores formam soluções com o ar presente no meio de trabalho, se espalhando por todo ele.

Esses agentes possuem a capacidade de adentrarem o organismo humano através da respiração ou mesmo, devido ao tipo de exposição, absorvidos pela pele ou ingeridos pela boca. Em específico, a legislação vigente aborda apenas os agentes químicos que possuem a capacidade de adentrar o organismo através das vias respiratórias.

Em 1978 foram criadas as Normas Regulamentadoras, presentes hoje na Portaria número 3214 do Ministério do Trabalho. Dentre elas, a NR 15, que trata das operações insalubres, definindo de maneira específica os agentes causadores de insalubridade no ambiente de trabalho. Além disso detalha ações jurídicas necessárias no que se refere aos direitos do trabalhador e, por fim, estabelece medidas de segurança que devem ser tomadas com o intuito da proteção da saúde dos seres em contato com os agentes.

A capacidade tóxica desses agente químicos é agravada segundo fatores estabelecidos pela norma, são eles: concentração do agente, a frequência em que é inalado, a capacidade pulmonar do trabalhador, a sensibilidade individual, sua toxicidade, além do tempo de exposição.

Uma vez que o agente químico esteja em contato com o organismo, ele pode causar danos em órgãos como o pulmão, pele, sistema nervoso, medula óssea, fígado e rins. Podendo ter efeitos agudos ou crônicos.

Dessa forma é de suma importância a constante verificação dos limites de tolerância presentes nas normas e a análise, identificação e controle desses agentes para a garantia da salubridade do ambiente, assegurando a saúde e bem-estar do trabalhador em contato com essas atmosferas contaminadas.

Em se tratando das poeiras silicosas, essas podem ocasionar uma série de doenças ao ser humano. O principal órgão afetado pela exposição desse agente é o pulmão, que passa a perder sua capacidade de troca gasosa ao longo de anos em contato com concentrações altas de sílica cristalina.

Para a efetiva prevenção de doenças relacionadas à esse contaminante, as poeiras silicosas devem ser caracterizadas e quantificadas de uma forma técnica e segura na ambiência de trabalho. Para tal, é usando como referência os requisitos legais aplicáveis no Brasil e em legislação internacional, existindo tecnologias eficientes para a caracterização e quantificação das mesmas.

Devem ser adotadas medidas de controle em relação a tais poeiras, seja em relação ao meio ambiente laboral, ou em relação ao ser humano, garantindo-se assim a salubridade de tais ambientes, e por consequência salubridade humana e ambiental.

REFERÊNCIAS

ACGIH - Air Sampling Instruments for Evaluation of Atmospheric Contaminants. **American Conference of Governmental Industrial Hygienists**, 7th edition, Cincinnati, Ohio, 1989.

ALGRANTI, E. *et al.* **Patologia Respiratória Relacionada com o Trabalho**. In René Mendes editor: Patologia do Trabalho. 2ª ed. São Paulo, 2003

BERNSTEIN, C. M; MALO, J.L.; BERNSTEIN, D.I. **Definition and classification of asthma. Asthma in the workplace**, 2nd ed., New York: Marcel Dekker, 1993.

BON, A. M. T. **Exposição ocupacional à sílica e silicose entre trabalhadores de marmorarias, no município de São Paulo**. São Paulo, 2006

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR-09 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais**. Disponível em:
<<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR09/NR09-2016.pdf>>. Acesso em: 17 jun. 2019.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR-15 – Atividades e Operações Insalubres. Anexo Nº 13 – Agentes Químicos**. Disponível em:
<<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR15/NR15-ANEXO13.pdf>>. Acesso em: 17 jun. 2019.

CHEN, C.H. *et al.* **Effects of uniformities of deposition of respirable particles on filters on determining their quartz contents by using the direct on-filter X-ray diffraction (DOF XRD) method**. J Hazard Mater, 2010.
<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.11.042>

CLARK, G.L. *et al.* **Diffraction Analysis for Silica. Analytical Chemistry**. 1954. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/ac60093a006#>. Acesso em 17 jun. 2019.

FAGUNDES, G; ZANELATO, M. A. **Silicose Doença Pulmonar Ocupacional no Trabalhador de Mineração**, 2006. Disponível em:
http://patologiaufvj.m.weebly.com/uploads/2/3/4/2/2342487/silicose_1.pdf Acesso em: 17 jun. 2019.

FERREIRA, A.S. **Silicose aguda**. Rio de Janeiro: Pulmão, 1999

FUNDACENTRO, NHO 08. **Coleta de material particulado sólido suspenso no ar de ambientes de trabalho**. São Paulo, 2009.

FUNDACIÓN MAPFRE. **Manual de Higiene Industrial**. Espanha: Editorial MAPFRE, 1991.

GÓMEZ-TENA, M.P. et. al., **Sílice Cristalina respirable: Metodologías de análisis**. Beletín de la Sociedad Española de cerámica y Vidrio, 2012. Disponível em: < https://www.researchgate.net/publication/233893444_Silice_cristalina_respirable_Metodologias_de_analisis>. Acesso em: 17 jun. 2019.

<https://doi.org/10.3989/cyv.172012>

HOLANDA, M.A. *et al.* **Silicosis in Brazilian pit diggers: relationship between dust exposure and radiological findings**. American Journal of Industrial Medicine, 1995.

<https://doi.org/10.1002/ajim.4700270306>

HURST, V.J. *et al.* **Accurate quantification of quartz and other phases by powder X-ray diffractometry**. Analytica Chimica Acta, 1997.

[https://doi.org/10.1016/S0003-2670\(96\)00425-4](https://doi.org/10.1016/S0003-2670(96)00425-4)

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER. **Silica and some silicates, coal dust and para-aramid fibrils**. Lyon: WHO, 1997.

INSTRUBRAS. Disponível em: < <https://www.instrubras.com.br/bomba-de-amostragem/bdx-ii-bomba-de-amostragem-de-poeira> >. Acesso em: 20 jun. 2019.

KOSNETT, M. J. Intoxicação por Metais Pesados & Quelantes. In: KATZUNG, B.G. **Farmacologia Básica & Clínica**. 8.Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.

LIDÉN, G. **Performance Parameters for Assessing the Acceptability of Aerosol Sampling Equipment**. Analyst, 1994.

<https://doi.org/10.1039/AN9941900027>

LIDO, A.V. **Exposição ocupacional e ocorrência de pneumoconioses na região de Campinas (SP) Brasil, 1978-2003**. São Paulo, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-37132008000600006>.

Acesso em: 17 jun. 2019.

LIMA, M.M.T.M.; CAMARINI, G. **Método de Determinação da Sílica Cristalina na Poeira dos Processos de Fabricação de Revestimentos Cerâmicos**. São Paulo: FUNDACENTRO, 2006.

MAGALHÃES, L.A. **Desenvolvimento de Metodologia para Determinação de Sílica Cristalina Respirável para Particulado de Minério Brasileiro por Difração de Raios X**. Belo Horizonte, 2014. Disponível em: http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/SFSA-9TWFNM/_vers_o_correta_disserta__o_leandro_assis_magalh_es.pdf?sequence=1>. Acesso em: 17 jun 2019.

MENDES, R.; DIAS, E. C. Saúde dos trabalhadores. In: ROUQUAYROL M. Z.; ALMEIDA FILHO, N. (Eds.). **Epidemiologia & Saúde**. 5.ed. Rio de Janeiro: Medsi, 1999, p. 431-456.

MESQUITA, A.L.S; GUIMARÃES, F.A.; NEFUSSI, N. **Engenharia de ventilação industrial**. São Paulo: Edgard Blucher, 1977.

MILES, W.J. *et al.*, **Chemical methods of analysis for crystalline silica: A critical literature review**. Amsterdam: Analytica Chimica Acta, 1994. 286(1): p. 3-7.

[https://doi.org/10.1016/0003-2670\(94\)80171-1](https://doi.org/10.1016/0003-2670(94)80171-1)

MONTEIRO, A.L. **Acidentes do trabalho e doenças ocupacionais**, 8ª edição. São Paulo: Saraiva, 2016.

MPSS, Manual de procedimentos para os serviços de saúde. **Doenças relacionadas ao trabalho**, Brasília, 2001.

MURPHY, C.H. **Handbook of Particles Sampling and Analysis Methods**. Flórida: Verlag Chemie International, 1984.

NATIONAL INSTITUTE OF OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH, **Silica, Crystalline, By XRD (filter redeposition), in 7500**. Manual of Analytical Methods, 2003. Disponível em: <https://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/pdfs/7500.pdf>>. Acesso em: 17 jun 2019.

OLIVEIRA, J.M. **Noções de ventilação industrial**. Disponível em: <http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TM120/VENTILACAO_INDUSTRIAL.pdf> Acesso em: 14/06/2019.

SALIBA, T.M. **Manual Prático de Avaliação e Controle de Poeira e Outros Particulados**. São Paulo: LTr, 2016.

SALTER, T.L. *et al.* **Quartz determination in kaolin at the 0.1% level**. Analytica Chimica Acta, 1994. 286(1): p. 49-55.

[https://doi.org/10.1016/0003-2670\(94\)80175-4](https://doi.org/10.1016/0003-2670(94)80175-4)

SANTOS, M.B.; BRITO, J. **O panorama nacional das reações álcalis-sílica em betões**, Lisboa, Portugal, 2008. Disponível em: <<http://www.civil.uminho.pt/revista/artigos/n32/Pag%2057.pdf>> Acesso em: 17 jun. 2019.

SANTOS, A.M.A., *et al.* **Norma Conceição do Amaral Coleta de Material Particulado Sólido Suspenso no Ar de ambientes de Trabalho, in NHO 08**, São Paulo: FUNDACENTRO, 2007.

SANTOS, A.M.A. **O tamanho das partículas de poeira suspensas no ar dos ambientes de trabalho**. São Paulo: Fundacentro, 2001.

SESI, SERVIÇO SOCIAL DA INDÚSTRIA. DEPARTAMENTO NACIONAL. **Técnicas de Avaliação de agentes ambientais**. Manual SESI. Brasília: SESI/DN, 2007.

TORLONI, M. **Programa de proteção respiratória: recomendações, seleção e uso de respiradores**. 4. Ed. São Paulo: Fundacentro, 2016.

TRIVELLATO, G. C. **Metodologias de reconhecimento e avaliação qualitativa de riscos ocupacionais**. São Paulo: Fundacentro, 1998.

VANDENPLAS, O.; MALO, J.L. **Definitions and types of work-related asthma: a nosological approach**. United Kingdom: Eur Respir J. 2003.
<https://doi.org/10.1183/09031936.03.00113303>

VINCENT, J. H. **Measurement of Coarse Aerosols in Workplaces**. Analyst, Vol. 119, 1994.
<https://doi.org/10.1039/an9941900013>