



Higiene Ocupacional III

Neverton Hofstadler Peixoto

Leandro Silveira Ferreira



Santa Maria - RS
2013

Presidência da República Federativa do Brasil
Ministério da Educação
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica

© Colégio Técnico Industrial de Santa Maria
Este caderno foi elaborado pelo Colégio Técnico Industrial da Universidade Federal de Santa Maria para a Rede e-Tec Brasil.

Equipe de Acompanhamento e Validação
Colégio Técnico Industrial de Santa Maria – CTISM

Coordenação Institucional
Paulo Roberto Colusso/CTISM

Professor-autor
Néverton Hofstadler Peixoto/CTISM
Leandro Silveira Ferreira/CTISM

Coordenação de Design
Erika Goellner/CTISM

Revisão Pedagógica
Elisiane Bortoluzzi Scrimini/CTISM
Jaqueline Müller/CTISM
Laura Pippi Fraga/CTISM

Revisão Textual
Carlos Frederico Ruviaro/CTISM

Revisão Técnica
José Carlos Lorentz Aita/CTISM

Ilustração
Marcel Santos Jacques/CTISM
Rafael Cavalli Viapiana/CTISM
Ricardo Antunes Machado/CTISM

Diagramação
Cássio Fernandes Lemos/CTISM
Leandro Felipe Aguiar Freitas/CTISM

Ficha catalográfica elaborada por Maristela Eckhardt – CRB 10/737
Biblioteca Central da UFSM

P379h Peixoto, Neverton Hofstadler
Higiene ocupacional III / Neverton Hofstadler Peixoto,
Leandro Silveira Ferreira. – Santa Maria : Universidade Federal
de Santa Maria, Colégio Técnico Industrial de Santa Maria ;
Rede e-Tec Brasil, 2013.
152 p. : il. ; 28 cm
ISBN 978-85-63573-45-2

1. Trabalho 2. Segurança do trabalho 3. Prevenção de acidentes
4. Riscos I. Ferreira, Leandro Silveira II. Título

CDU 331.45/.46

Apresentação e-Tec Brasil

Prezado estudante,
Bem-vindo a Rede e-Tec Brasil!

Você faz parte de uma rede nacional de ensino, que por sua vez constitui uma das ações do Pronatec – Programa Nacional de Acesso ao Ensino Técnico e Emprego. O Pronatec, instituído pela Lei nº 12.513/2011, tem como objetivo principal expandir, interiorizar e democratizar a oferta de cursos de Educação Profissional e Tecnológica (EPT) para a população brasileira propiciando caminho de o acesso mais rápido ao emprego.

É neste âmbito que as ações da Rede e-Tec Brasil promovem a parceria entre a Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica (SETEC) e as instâncias promotoras de ensino técnico como os Institutos Federais, as Secretarias de Educação dos Estados, as Universidades, as Escolas e Colégios Tecnológicos e o Sistema S.

A educação a distância no nosso país, de dimensões continentais e grande diversidade regional e cultural, longe de distanciar, aproxima as pessoas ao garantir acesso à educação de qualidade, e promover o fortalecimento da formação de jovens moradores de regiões distantes, geograficamente ou economicamente, dos grandes centros.

A Rede e-Tec Brasil leva diversos cursos técnicos a todas as regiões do país, incentivando os estudantes a concluir o ensino médio e realizar uma formação e atualização contínuas. Os cursos são ofertados pelas instituições de educação profissional e o atendimento ao estudante é realizado tanto nas sedes das instituições quanto em suas unidades remotas, os polos.

Os parceiros da Rede e-Tec Brasil acreditam em uma educação profissional qualificada – integradora do ensino médio e educação técnica, – é capaz de promover o cidadão com capacidades para produzir, mas também com autonomia diante das diferentes dimensões da realidade: cultural, social, familiar, esportiva, política e ética.

Nós acreditamos em você!
Desejamos sucesso na sua formação profissional!

Ministério da Educação
Novembro de 2013

Nosso contato
etecbrasil@mec.gov.br



Indicação de ícones

Os ícones são elementos gráficos utilizados para ampliar as formas de linguagem e facilitar a organização e a leitura hipertextual.



Atenção: indica pontos de maior relevância no texto.



Saiba mais: oferece novas informações que enriquecem o assunto ou “curiosidades” e notícias recentes relacionadas ao tema estudado.



Glossário: indica a definição de um termo, palavra ou expressão utilizada no texto.



Mídias integradas: sempre que se desejar que os estudantes desenvolvam atividades empregando diferentes mídias: vídeos, filmes, jornais, ambiente AVEA e outras.



Atividades de aprendizagem: apresenta atividades em diferentes níveis de aprendizagem para que o estudante possa realizá-las e conferir o seu domínio do tema estudado.



Sumário

Palavra do professor-autor	9
Apresentação da disciplina	11
Projeto instrucional	13
Aula 1 – Introdução aos agentes químicos	15
1.1 Sistema respiratório.....	15
1.2 Ar respirável.....	17
1.3 Vias de penetração dos tóxicos no organismo.....	18
1.4 Classificação dos agentes químicos.....	19
1.5 Fatores de risco dos contaminantes.....	23
1.6 Ficha de informações de segurança de produto químico.....	24
1.7 Avaliação dos agentes químicos.....	26
1.8 Planejamento da amostragem.....	27
Aula 2 – Limites de tolerância para agentes químicos	37
2.1 Considerações iniciais.....	37
2.2 Limites de tolerância segundo a legislação brasileira.....	37
2.3 Limites de tolerância segundo a legislação internacional.....	46
Aula 3 – Avaliação de poeiras e fumos metálicos	65
3.1 Considerações iniciais.....	65
3.2 Classificação das poeiras.....	67
3.3 Avaliação e coleta de materiais particulados.....	68
Aula 4 – Avaliação de gases e vapores	101
4.1 Considerações iniciais.....	101
4.2 Instrumentos de leitura direta.....	102
4.3 Tubos colorimétricos.....	102
4.4 Amostradores com análise em laboratório (indireto).....	106
Aula 5 – Trabalho em espaços confinados	113
5.1 Objetivo.....	113
5.2 Definição.....	113

5.3 Onde estão os espaços confinados?.....	116
5.4 Riscos envolvendo espaços confinados.....	117
5.5 Procedimentos de segurança.....	119
Aula 6 – Radiações ionizantes e não ionizantes.....	127
6.1 As radiações.....	127
Aula 7 – Pressões anormais.....	143
7.1 Definições.....	143
7.2 Pressões hipobáricas.....	144
7.3 Pressões hiperbáricas.....	145
Referências.....	150
Currículo do professor-autor.....	152

Palavra do professor-autor

Quando estudamos a segurança do trabalho nas etapas anteriores podemos perceber que a prevenção é uma ação essencial para a redução dos acidentes do trabalho. Estudamos sobre os riscos ambientais e sua divisão, bem como a importância das inspeções de segurança. Mas como reconhecer e quantificar os riscos ocupacionais?

A higiene ocupacional é a disciplina que vai embasar essas ações, pois fornecerá os conhecimentos necessários para que o técnico em segurança do trabalho possa pautar suas ações tanto qualitativas como quantitativas.

Na disciplina de Higiene Ocupacional III estudaremos os agentes químicos, sua classificação e avaliação, bem como espaços confinados. Estudaremos ainda dois riscos físicos as radiações e as pressões anormais.

Começamos aqui uma caminhada que culminará na disciplina de Instrumentação, na última etapa do curso. Você, a partir de agora, estará começando a aprender sobre uma das áreas fundamentais do exercício profissional e, portanto, é necessário muito empenho e dedicação. Não esqueça de fazer as atividades propostas e desenvolver seus conhecimentos com leituras e pesquisas nos diversos *sites* da área.

Acreditamos no seu sucesso como prevencionista, mas reforçamos que o que diferencia um bom profissional dos outros é, sem dúvida, o conhecimento. Estaremos ao seu lado colaborando com seu desenvolvimento.

Neverton Hofstadler Peixoto
Leandro Silveira Ferreira



Apresentação da disciplina

A disciplina de Higiene Ocupacional III tem por objetivos apresentar ao aluno os principais riscos químicos presentes nos ambientes de trabalho: os aerodispersóides, gases e vapores, analisando os aspectos técnicos envolvidos, introduzindo a legislação. Estudaremos ainda os aspectos técnicos e de prevenção relacionados aos espaços confinados.

Em uma segunda etapa estudaremos as radiações e as pressões anormais, analisando os aspectos técnicos envolvidos, introduzindo a legislação, com complemento ao estudo dos riscos físicos iniciados na disciplina de Higiene Ocupacional II.

Você vai perceber que, a partir de agora, os conhecimentos serão mais específicos e aprofundados, pois cada um deles será estudado com mais detalhamento. Outro aspecto importante é que cada aula, nesta disciplina, será como um pré-requisito da outra, ou seja, você precisará estar sempre em dia com os estudos para obter um rendimento adequado.

Não atrase estudos, realize exercícios, navegue em *sites* indicados para realizar leituras extras. Lembre-se que é necessário estudar regularmente e acompanhar as atividades propostas. Para um bom aproveitamento serão necessárias muita disciplina, comprometimento, organização e responsabilidade. Planeje corretamente seus estudos, se concentre nas leituras, crie estratégias de estudo, interaja com o ambiente e administre seu tempo, só assim será possível obtermos o sucesso necessário na aprendizagem.

Esperamos atender às suas expectativas e o convidamos a participar conosco na construção, desenvolvimento e aperfeiçoamento desse curso, visto que a sua participação através de perguntas, dúvidas e exemplos, com certeza contribuirá para torná-lo cada vez mais completo.

Seja bem-vindo!
Bons estudos!



Projeto instrucional

Disciplina: Higiene Ocupacional III (carga horária: 60h).

Ementa: Conhecimentos efetivos sobre ruído e temperaturas extremas, legislação básica e instrumentação.

AULA	OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM	MATERIAIS	CARGA HORÁRIA (horas)
1. Introdução aos agentes químicos	Conhecer algumas definições básicas sobre agentes químicos, sua classificação, vias de penetração, efeitos sobre o organismo e metodologias básicas de amostragem.	Ambiente virtual: plataforma Moodle. Apostila didática. Recursos de apoio: <i>links</i> , exercícios.	07
2. Limites de tolerância para agentes químicos	Conhecer a legislação brasileira e internacional e aprender sobre os limites de tolerância específicos.	Ambiente virtual: plataforma Moodle. Apostila didática. Recursos de apoio: <i>links</i> , exercícios.	07
3. Avaliação de poeiras e fumos metálicos	Conhecer os tipos de poeiras segundo sua classificação por origem ou tamanho das partículas, os riscos da exposição e sua avaliação. Conhecer os fumos metálicos, os riscos da exposição e sua avaliação.	Ambiente virtual: plataforma Moodle. Apostila didática. Recursos de apoio: <i>links</i> , exercícios.	08
4. Avaliação de gases e vapores	Conhecer os gases e vapores, os riscos da exposição, bem como sua avaliação.	Ambiente virtual: plataforma Moodle. Apostila didática. Recursos de apoio: <i>links</i> , exercícios.	08
5. Trabalho em espaços confinados.	Aprender como se avalia uma atmosfera de um espaço confinado, as condições para permitir o ingresso e as medidas de sinalização, controle e fiscalização necessárias.	Ambiente virtual: plataforma Moodle. Apostila didática. Recursos de apoio: <i>links</i> , exercícios.	08
6. Radiações ionizantes e não ionizantes.	Aprender sobre os tipos de radiações, seus tipos, efeitos sobre o organismo humano e as metodologias de avaliação e controle.	Ambiente virtual: plataforma Moodle. Apostila didática. Recursos de apoio: <i>links</i> , exercícios.	07
7. Pressões anormais	Aprender sobre os limites de tolerância na exposição ao calor e ao frio, bem como mecanismos de controle.	Ambiente virtual: plataforma Moodle. Apostila didática. Recursos de apoio: <i>links</i> , exercícios.	08

Aula 1 – Introdução aos agentes químicos

Objetivos

Conhecer algumas definições básicas sobre agentes químicos, sua classificação, vias de penetração, efeitos sobre o organismo e metodologias básicas de amostragem.

1.1 Sistema respiratório

É o conjunto de órgãos que controlam a entrada, filtragem, aquecimento, umidificação e saída do ar. A função do sistema respiratório é trocar os gases envolvidos no processo de respiração celular, logo tem como função captar oxigênio atmosférico e liberar o CO₂ produzido no organismo para o meio ambiente. Esse processo de troca gasosa entre sistema respiratório e o sangue é denominado hematose. O processo respiratório é fundamental no fornecimento do oxigênio para todas as células do corpo humano para a manutenção da vida.

Além disso, o sistema respiratório conta com outras defesas: os pelos nasais, os cílios (pelos microscópicos distribuídos pelo trato respiratório), o muco (substância viscosa, presente no trato respiratório, que retém as impurezas e as expelam pela tosse) e os macrófagos (células pulmonares capturam e eliminam germes e algumas impurezas).

Os órgãos que compõem o sistema respiratório são: fossas nasais, faringe, laringe, traqueia, brônquios, bronquíolos, alvéolos, pulmões e diafragma.

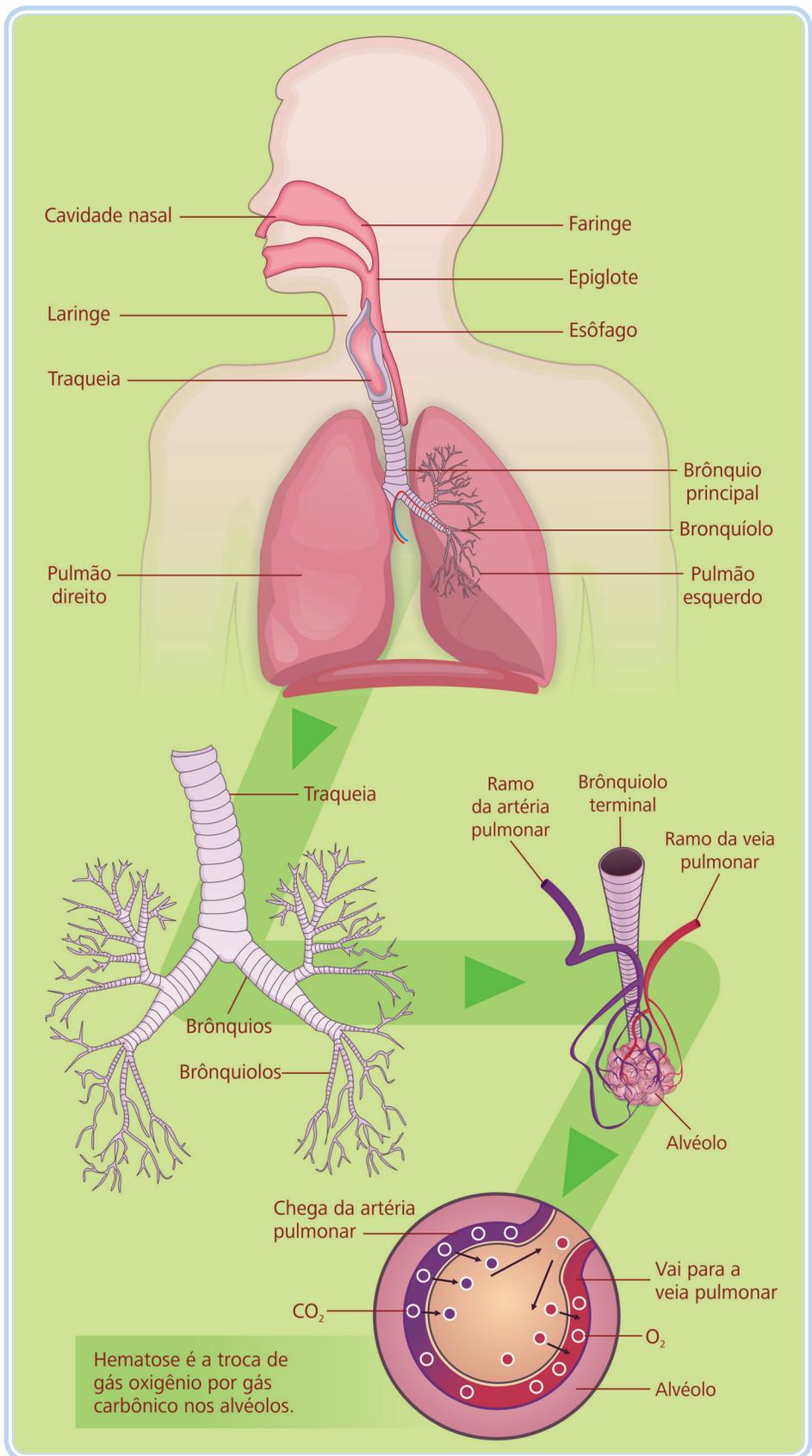


Figura 1.1: Sistema respiratório
 Fonte: CTISM

Fossas nasais – são duas cavidades que iniciam nas narinas e terminam na faringe. Suas funções são filtrar, umedecer e aquecer o ar que entra no sistema respiratório. Os pelos no interior do nariz retêm as partículas que entram junto com o ar. É composto de células ciliadas e produtoras de muco. Nesta região, a mucosa é bem irrigada e aquece o ar inalado.

Faringe – é uma estrutura que conduz o ar e alimentos. O ar vai para a laringe. O alimento vai para o esôfago. A laringe possui forma de tubo e é constituída de cartilagem e músculos, por onde o ar passa a caminho dos pulmões. A epiglote é uma estrutura que tapa a laringe, não permitindo passagem de comida para os pulmões.

Traqueia – se constitui por anéis de cartilagem, sua subdivisão dá origem aos dois brônquios que penetram no pulmão.

Pulmão – é o órgão principal do sistema respiratório. Os pulmões localizam-se na cavidade torácica e são envolvidos por uma membrana denominada pleura. Os pulmões são compostos de brônquios, bronquíolos e alvéolos pulmonares.

Brônquios – são formados pela divisão da traqueia, entram nos pulmões e ali sofrem inúmeras bifurcações, formando os bronquíolos.

Bronquíolos – são pequenos canais de ar que vão se bifurcando sucessivamente em bronquíolos menores, terminando em pequenas dilatações denominadas alvéolos. O conjunto altamente ramificado de bronquíolos é a **árvore brônquica** ou **árvore respiratória**.

Alvéolos – são pequenos sacos que ficam no final dos menores bronquíolos.

Diafragma – é um órgão músculo-membranoso que divide o tórax do abdômen. Durante a respiração, faz um movimento para baixo, aumentando a área dos pulmões na inspiração.

1.2 Ar respirável

O ar atmosférico é constituído aproximadamente por 21 % de oxigênio, 78 % de nitrogênio e 1 % de outros gases. Todo o ar respirável contém ainda um percentual de umidade fundamental para o sistema respiratório humano.

Ar respirável se constitui em uma composição na qual o organismo humano possa ficar exposto sem sofrer danos ou incômodos.

Constituem-se riscos respiratórios a exposição a ambientes com deficiência de oxigênio (<19,5 %), contaminados por aerodispersóides, gases e vapores que produzam situações ambientais que possam ser consideradas imediatamente perigosas à vida e saúde ou situações que produzam efeitos nocivos a curto ou longo prazo.



O volume de ar aspirado durante uma jornada de trabalho varia de 7500 a 15000 litros de ar (VENDRAME, 2007).

1.3 Vias de penetração dos tóxicos no organismo

Os agentes químicos podem ingressar no organismo dos trabalhadores através de três diferentes vias de penetração: respiratória, percutânea (pele) e digestiva (oral).

1.3.1 Via respiratória

Como o volume de ar inalado pelo trabalhador é muito grande e porque a grande maioria dos contaminantes químicos está disperso no ambiente na forma de poeiras, gases e vapores a via respiratória é a mais importante via de penetração dos agentes químicos no organismo humano.

Você poderá observar mais adiante que os Limites de Tolerância (LT) apresentados para agentes químicos levam em consideração a concentração desses agentes no ambiente (ppm e mg/m³), exatamente por ser o ingresso por via respiratória o mais importante.

1.3.2 Via percutânea (pele)

A pele se constitui em uma excelente barreira para o ingresso de substâncias químicas, entretanto algumas têm a capacidade de agir na superfície da pele produzindo irritações, outras podem se combinar com proteínas da pele provocando um efeito chamado de sensibilização e outras podem ainda se difundir através da pele atingindo o sangue e produzirem efeitos tóxicos mais importantes. Como os limites de tolerância levam em consideração apenas a absorção por via respiratória, devemos tomar todas as precauções possíveis com tais produtos, pois o fato de apresentarem concentrações abaixo do LT, não garante que o trabalhador esteja protegido. No Anexo 11 da NR 15 essa propriedade dos produtos químicos é indicada através de um sinal (+) e vai implicar que medidas para evitar o contato com a pele devem ser adotadas para todas as substâncias que apresentarem essa indicação.

1.3.3 Via digestiva (ingestão)

É uma via secundária de ingresso no organismo humano normalmente ocorrendo de forma acidental, pois dificilmente alguém ingere um produto químico voluntariamente. A ingestão de um agente químico muitas vezes ocorre por maus hábitos alimentares (não lavar as mãos antes das refeições, ou antes de fumar, por exemplo) ou quando uma parte do produto inalado se deposita no trato respiratório podendo ser deglutida ingressando no trato digestivo.

1.4 Classificação dos agentes químicos

Já vimos na disciplina de Higiene Ocupacional I que os agentes químicos podem ser classificados, basicamente, de acordo com o estado físico e de acordo com seus efeitos fisiológicos. A classificação física divide os agentes químicos em contaminantes na forma de partículas (aerodispersóides), gases e vapores. A classificação fisiológica leva em conta os efeitos desses agentes no organismo humano.

1.4.1 Contaminante na forma de partículas

São partículas sólidas ou líquidas de tamanhos inferiores a 100 μm presentes no ambiente ocupacional. São conhecidos como **aerodispersóides**.

Os danos que causam no organismo dependem de uma série de variáveis, dentre elas, suas características físicas, químicas e físico-químicas como tamanho, formato, densidade, reatividade, velocidade de reação e concentração na atmosfera.

Quadro 1.1: Classificação dos particulados

Tipo de particulado	Tamanho aproximado (μm)	Observação
Inalável	0 a 100	Entra através do nariz e da boca.
Torácico	0 a 25	Penetra através da laringe.
Respirável	0 a 10	Penetra nos bronquíolos, atingindo a região de trocas gasosas.
Visível	$\varnothing > 50$	Partícula visíveis ao olho humano.

Fonte: <http://multimedia.3m.com/mws/mediawebsserver?6666660Zjcf6lVs6EVs66Sc3ECOrrrrQ>

Partículas com diâmetro inferior a 10 μm são respiráveis e podem se depositar nos alvéolos pulmonares. Partículas grandes (acima de 100 μm) não conseguem penetrar no trato respiratório, embora possam provocar dermatites, cânceres, alergias, por isso devem ser avaliadas e controladas.

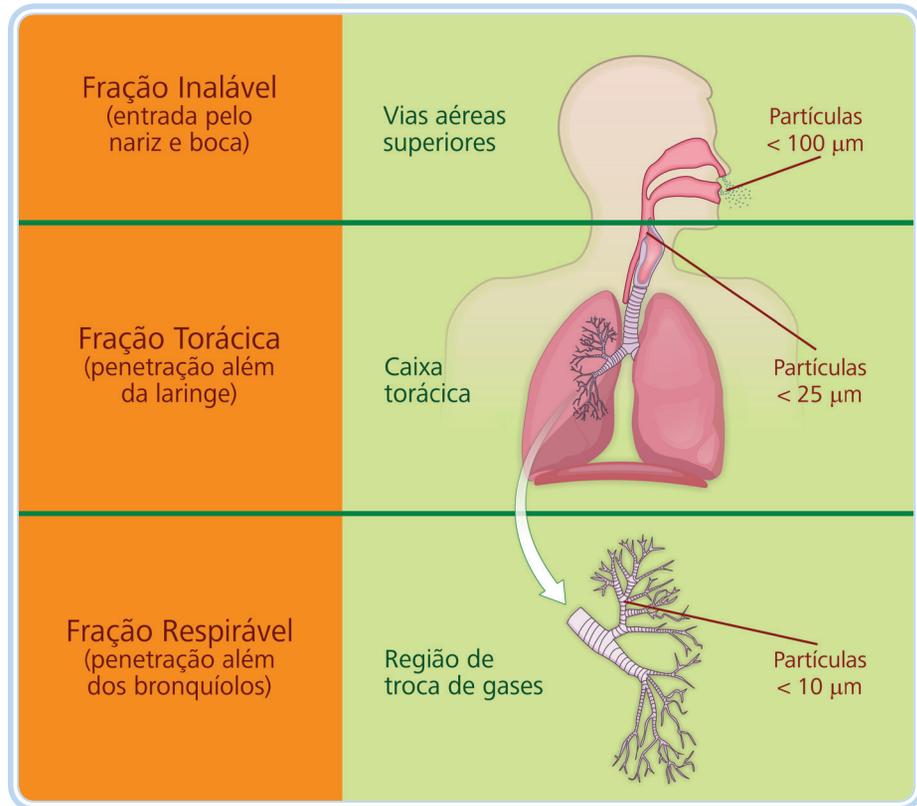


Figura 1.2: Classificação das poeiras

Fonte: CTISM

1.4.1.1 Classificação física dos aerodispersóides

Os contaminantes em forma de partículas se dividem em:

- a) **Poeiras** – surgem quando os materiais sólidos sofrem processos de golpeamento, ruptura, moagem, peneiramento, lixamento, trituração ou ainda na manipulação de grãos vegetais, gerando partículas sólidas que flutuam no ar até se depositarem por gravidade. Dentre os exemplos de processos que produzem pós, podemos citar: mineração, moagem, jato de areia, transformação de calcário, amianto, pós de madeira, etc.
- b) **Neblinas** – são partículas líquidas geradas pela condensação de vapores de um líquido. Exemplos neblina de água e de ácidos.
- c) **Névoas** – são partículas líquidas geradas pela ruptura mecânica de um líquido. Exemplos: nebulização de agrotóxicos e pintura tipo *spray*.
- d) **Fumos** – são partículas muito pequenas que se formam quando alguns materiais sólidos se vaporizam ou sublimam com o calor e logo se esfriam bruscamente e condensam. O caso mais comum são as partículas de fumos

que se formam ao soldar, onde os vapores do metal fundido se esfriam, solidificam e são aerotransportadas. Também se produzem nos processos de fundição de metais.

- e) **Fumaça** – são misturas de gases, vapores e aerodispersóides provenientes da combustão incompleta de materiais. Exemplos: fumaça proveniente da combustão de madeira e plástico.
- f) **Fibras** – são partículas sólidas produzidas por rompimento mecânico com característica física de um formato alongado. Exemplo: amianto.

1.4.1.2 Classificação fisiológica dos aerodispersóides

Os contaminantes em forma de partículas, de acordo com seus efeitos sobre o organismo humano, podem ser classificados como:

- a) **Incômodas** – partículas não contendo asbesto (amianto) ou com teor de sílica cristalina abaixo de 1 %, sem efeito tóxico conhecido, mas que não podem ser consideradas biologicamente inertes. Exemplos: gesso, calcário, etc. São conhecidas como PNOC – *Particulate Not Otherwise Classified*, ou ainda, PNOS – *Particulates Not Otherwise Specified*.
- b) **Fibrogênicas** – alteram a estrutura celular dos alvéolos restringindo a capacidade de troca de oxigênio. Exemplos: sílica cristalina, amianto, berílio, ferro e algodão.
- c) **Irritantes** – irritam, inflamam e ulceram o trato respiratório. Exemplos: névoas ácidas ou alcalinas.
- d) **Produtoras de febre** – produzem calafrios e febre. Exemplos: fumos de cobre e zinco.
- e) **Sistêmicas** – provocam danos em órgãos ou sistemas do organismo. Exemplos: cádmio, chumbo e manganês.
- f) **Alergênicas** – produzem reações alérgicas devido à formação de anticorpos. Exemplos: pólen, pelos de animais e fungos.
- g) **Cancerígenas** – provocam câncer após período latente. Exemplos: amianto, cromatos e radionuclídeos.

- h) Mutagênicas e teratogênicas** – induzem mutação e nível celular (mutagênicas) ou alterações genéticas (teratogênicas). Exemplos: chumbo e mercúrio.

1.4.2 Contaminante na forma gasosa

Os contaminantes na forma gasosa se dividem em:

- a) Gases** – são substâncias químicas que se encontram na fase gasosa à pressão e temperatura ambiente. Por isso se misturam intimamente com o ar e se espalham com facilidade. Podem ser inodoros e/ou incolores e, portanto, não facilmente detectáveis. Suas formas de atuação sobre o corpo podem ser muito diferentes. Por exemplo, os chamados asfixiantes simples substituem o oxigênio do ar, provocando a asfixia. Outros gases atuam atacando determinados órgãos, uma vez que se incorporam ao organismo ao serem inalados. São exemplos de gases o monóxido de carbono (produzido pelas combustões incompletas), o nitrogênio, o cloro, o oxigênio (O₂), o gás carbônico (CO₂), etc.
- b) Vapores** – são as emanações produzidas pela evaporação de um líquido ou sólido, a temperatura ambiente ou pelo aporte de calor. Os vapores de álcool, gasolina e dos solventes são exemplos mais comuns.

1.4.2.1 Classificação dos gases e vapores

Classificamos os gases e vapores, basicamente, em quatro grupos que irão determinar a escolha do filtro químico adequado, em:

- a) Vapores orgânicos** – exemplos: álcool etílico, benzeno e xileno.
- b) Gases ou vapores ácidos** – exemplos: cloro, ácido clorídrico e CO₂.
- c) Gases ou vapores alcalinos** – exemplos: amônia e amina.
- d) Gases e vapores especiais** – exemplos: monóxido de carbono e agrotóxicos.

1.4.2.2 Classificação fisiológica dos gases e vapores

Os efeitos no organismo produzidos pela exposição aos gases e vapores se classificam em:

- a) Irritantes** – inflamam pele, olhos e vias respiratórias. Os **irritantes primários** atuam no local de contato com o organismo, isto é, não exercem

ação tóxica no organismo como um todo (cloro e gás lacrimogênio) e os **irritantes secundários** que além de atuar nos locais de contato produzem efeitos tóxicos em todo o organismo (gás sulfídrico).

- b) Sensibilizantes** – produzem uma resposta imunológica do organismo a um químico. Alguns ramos de indústria utilizam substâncias que são sensibilizantes como: a indústria da borracha, dos corantes e dos aditivos de uma forma geral.
- c) Anestésicos** – ação depressiva no sistema nervoso central (reduz a capacidade mental e física, diminuindo a habilidade para a realização de tarefas). Exemplos: eteno, benzeno, tolueno e álcool etílico.
- d) Asfixiantes** – bloqueio dos processos vitais devido à falta de oxigenação. Podem ser **simples**, quando em altas concentrações no ar substituem o oxigênio (metano, etano e CO₂) ou **químicos**, quando interferem na oxigenação das células (monóxido de carbono).
- e) Sistêmicos** – provocam alterações funcionais em órgãos ou sistemas do organismo. Exemplos: mercúrio (sistema nervoso e rim) e fósforo (ossos).
- f) Alergênicos** – provocam reações alérgicas. Exemplos: resinas epóxi.
- g) Cancerígenos** – provocam câncer após período latente. Exemplos: cloreto de vinila e benzeno.
- h) Mutagênicos e teratogênicos** – induzem mutação e nível celular (mutagênicas) ou alterações genéticas (teratogênicas). Exemplo: diclorobuteno.

1.5 Fatores de risco dos contaminantes

Para avaliar o potencial tóxico das substâncias químicas, alguns fatores devem ser levados em consideração:

- a) Concentração** – quanto maior a concentração, maiores serão os efeitos nocivos sobre o organismo humano. Por esse motivo se torna muito importante dimensionar corretamente os métodos de amostragem, principalmente na escolha dos equipamentos de medição envolvidos, que devem ser adequados e precisos.

- b) Frequência respiratória e capacidade pulmonar** – representa a quantidade de ar inalado pelo trabalhador durante a jornada de trabalho. Quanto maior a capacidade maior será a absorção do agente químico.
- c) Sensibilidade individual** – o nível de resistência varia de indivíduo para indivíduo. Portanto um trabalhador pode apresentar características pessoais que podem levá-lo a sofrer os efeitos da exposição ao trabalho, de forma bastante particular, mesmo com exposições abaixo dos valores estabelecidos como limites.
- d) Toxicidade** – é o potencial tóxico da substância no organismo. Atenção redobrada deve ser dedicada àquelas substâncias que tem potencial tóxico mais elevado (normalmente limites de tolerância com valor muito pequeno), pois podem causar grandes efeitos nocivos mesmo em baixíssimas concentrações.
- e) Tempo de exposição** – é o tempo que o organismo fica exposto ao contaminante. No dimensionamento da exposição do trabalhador devemos considerar todas as situações que constituem o ciclo de trabalho e de exposição, para assegurar que a amostragem é verdadeiramente representativa daquela exposição.



O dimensionamento correto da amostragem é de fundamental importância na caracterização da exposição. Para tanto serão necessários embasamentos teórico/técnicos para subsidiar o processo de avaliação.

1.6 Ficha de informações de segurança de produto químico

A FISPQ (Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico) contém informações sobre o transporte, manuseio, armazenamento e descarte de produtos químicos, considerando aspectos de segurança, saúde e meio ambiente. Na literatura internacional essa ficha é denominada de **Material Safety Data Sheet – MSDS**.



Para saber mais sobre CETESB, acesse:
http://www.cetesb.sp.gov.br/Emergencia/produtos/produto_consulta.asp

<https://www.osha.gov/chemicaldata/>

A FISPQ é uma excelente ferramenta para reconhecermos os efeitos nocivos dos agentes químicos e pode ser encontrada em pesquisa na internet em *sites* nacionais e internacionais. É um documento pelo qual o fabricante do produto químico fornece informações essenciais sobre os perigos de um produto (incluindo informações sobre o transporte, manuseio, armazena-

gem e ações de emergência) ao usuário deste, possibilitando a ele tomar as medidas necessárias relativas à segurança, saúde e meio ambiente. A FISPQ também pode ser usada para transferir essas informações para trabalhadores, empregadores, profissionais da saúde e segurança, pessoal de emergência, agências governamentais, assim como membros da comunidade, instituições, serviços e outras partes envolvidas com o uso do produto químico.

A FISPQ é uma excelente ferramenta para o técnico em segurança do trabalho conhecer os riscos envolvidos na utilização de produtos químicos na empresa.



No Quadro 1.2 apresenta um resumo da classificação dos agentes químicos, seus efeitos e exemplos de produtos.

Quadro 1.2: Classificação dos agentes químicos conforme efeitos no organismo

Estado físico	Tipos de efeito	Descrição	Exemplo de substâncias
Aerodispersóides	Fibrogênicos	Podem produzir nódulos e causar endurecimento (denominadas fibroses) dos tecidos pulmonares.	Sílica e amianto.
	Irritantes	As partículas por ação química podem causar ulcerações e inflamações no trato respiratório.	Névoas oriundas de ácidos e bases.
	Produtores de febre	Podem provocar calafrios e febre.	Fumos metálicos.
	Carcinogênicos	Quando o trabalhador está exposto a um longo período pode adquirir câncer.	Amianto e radionuclídeos.
	Sistêmicos	Os agentes têm a capacidade de atacar órgãos internos e sistemas do organismo humano.	Cádmio e manganês.
	Mutagênicos/teratogênicos	Caracterizam-se por causar modificações celulares e alterações genéticas. Os mutagênicos afetam não somente o indivíduo contaminado, mas também seus descendentes. Os teratogênicos têm a capacidade de afetar o desenvolvimento embrionário ou fetal, resultando em deformidades do feto (congenito).	Mercúrio orgânico e fumos de chumbo.



carcinogênico
Substância com potencial de gerar câncer.

Gases e vapores	Irritantes	Substâncias capazes de causar irritação e ulcerações no trato respiratório pela ação química com as mucosas (solubilidade com partes úmidas) ou por contato direto.	Ácido clorídrico e gás sulfídrico.
	Tóxicos	Ação nociva generalizada independente da via de penetração. Alguns podem agir em órgãos ou sistemas específicos.	Inseticidas e hidrocarbonetos.
	Anestésicos e narcóticos	Ação depressora do Sistema Nervoso Central (SNC), sistema formado pelo conjunto do cérebro e medula espinhal.	Éteres e cetonas.
	Asfixiantes	Estes podem ser classificados como: asfixiantes simples, que atuam substituindo o oxigênio do ar a ser transportado pela hemoglobina quando estão presentes na atmosfera (sem ação bioquímica), já os asfixiantes químicos apresentam ação bioquímica na célula, oferecendo dificuldade ao oxigênio do ar de chegar e de se agregar a hemoglobina.	Nitrogênio, gás carbônico e monóxido de carbono.
	Carcinogênicos	Apresentam a capacidade de causar câncer quando expostos por um longo período.	Cloreto de vinila e benzeno.
	Mutagênicos e teratogênicos	Apresenta a mesma descrição colocada para os aerodispersóides.	Óxido de etileno.

Fonte: Autores

1.7 Avaliação dos agentes químicos

O objetivo da avaliação de um agente químico é a determinação da existência de riscos através da análise da concentração do agente em função do ciclo de trabalho, onde serão avaliados os vários aspectos que envolvem a caracterização da exposição. Para tanto serão necessários conhecimentos sobre os agentes presentes, suas interações, as medidas de controle existentes, os ciclos de trabalho, condições de manuseio e operação e outras variáveis que podem influir na avaliação (temperatura, velocidade do ar, etc.). A avaliação fornece também informações sobre a efetividade das medidas de controle existentes (EPIs e EPCs) e sobre as relações entre a exposição e os possíveis efeitos à saúde (PCMSO – NR 7).

As questões clássicas no planejamento de uma estratégia de amostragem são: Onde amostrar? Quando realizar a amostragem? Qual o tempo de amostragem?

Quantas amostras são necessárias? Evidentemente a amostragem de agentes químicos é complexa, e o que devemos sempre ter em mente é que uma avaliação bem realizada é aquela mais representativa possível da exposição do trabalhador. A exatidão e precisão dos resultados obtidos, bem como o grau de confiabilidade exigido, dependerão muito do correto dimensionamento da amostragem e da qualidade do sistema de medição adotado.

Dependendo do agente avaliado e do tipo de exposição pode ser necessário realizar a amostragem durante vários turnos e durante vários dias para melhor caracterizar as exposições no local de trabalho.

Por outro lado, ao se avaliar a exposição a substâncias de ação rápida que podem causar danos irreversíveis, mesmo em altas exposições breves (abertura de tonéis, descargas, enchimento de tanques e inspeções) amostragens de curta duração podem ser empregadas, a fim de detectar os picos de concentração, particularmente se houver flutuações de concentração apreciável.

Quanto melhor for a sensibilidade, precisão e exatidão do sistema de medição e quanto maior for o número de amostras, mais próximo estará a avaliação da verdadeira concentração. Métodos estatísticos podem ser empregados para determinar o grau de confiança da amostragem, de acordo com o número de avaliações e amostras realizadas.

1.8 Planejamento da amostragem

O objetivo básico de uma amostragem de agente químico é obter uma amostra do contaminante presente no ambiente de trabalho para quantificar a exposição.

Para um dimensionamento correto da amostragem de agentes químicos alguns parâmetros deverão ser considerados. Dentre os mais importantes podemos citar: o tempo de amostragem, quantidades de amostras, os tipos de amostragem, o amostrador a ser utilizado e o método de coleta.

1.8.1 Tempo de amostragem

O estudo do ciclo de trabalho e das características do agente vai determinar a duração da amostragem. Procedimentos normalizados (NHO, NR 15, NIOSH) estabelecem tempos mínimos de amostragens em função de volumes de contaminante a serem coletados. O tempo de duração da coleta de cada amostra de ar deve ser o necessário para amostrar um volume de ar adequado e/ou obter uma quantidade suficiente de material para a análise.

1.8.2 Quantidade de amostras

Vai depender muito da variabilidade da exposição e do objetivo da avaliação. Para a caracterização de exposições com confiabilidade pode ser necessário um grande número de avaliações em horários e dias diferentes.

1.8.3 Tipos de amostragem

Podemos classificar os tipos de amostragem quanto à posição do amostrador em:

- a) **Pessoal** – o amostrador acompanha o trabalhador durante todo o período de trabalho, e é colocado próximo a região respiratória.



Figura 1.2: Amostragem pessoal de poeira respirável

Fonte: NHO 08

- b) **Ambiental, de área ou estática** – o amostrador é fixado em um determinado local próximo a fonte e fornece informações sobre a emissividade dessa fonte (Figura 1.3).



Figura 1.3: Amostragem estática (ambiental) de poeira respirável

Fonte: CTISM, adaptado de NHO 08

Podemos classificar os tipos de amostragem quanto à duração da amostragem em:

- a) Instantâneas** – de curta duração (normalmente menores que 5 minutos), para verificarmos se o valor máximo ou valor teto foi atingido ou ainda avaliar os instantes de maior concentração.
- b) Contínuas** – em períodos maiores que 30 minutos, sendo mais adequadas para avaliação da média ponderada.

A amostragem contínua pode ser dividida em:

- a)** Amostra única de período completo onde avaliaremos a exposição em uma única amostragem.
- b)** Amostras consecutivas de período completo onde dividiremos a amostragem em várias amostragens.
- c)** Amostras de período parcial onde não cobriremos integralmente o tempo de amostragem.

As duas primeiras fornecerão informações importantes ao longo da jornada e são indicadas quando se avalia a média da concentração ao longo do tempo. A terceira se adapta melhor a amostragem de operações específicas para avaliar

determinada exposição quando da realização de uma atividade inerente ao processo, ou seja, para avaliar picos de concentração.

1.8.4 Tipos de amostradores quanto à passagem do ar

Os amostradores utilizados na avaliação de agentes químicos podem ser classificados como ativos e passivos.

- a) **Amostradores ativos** – consiste na coleta de um volume conhecido de ar através da passagem forçada do ar através do emprego de bombas de fluxo. O contaminante que está sendo investigado é coletado em filtros ou substâncias específicas. Os procedimentos de amostragem apropriados, de acordo com o contaminante, encontram-se em normas nacionais e internacionais. Utilizamos os amostradores ativos quando é necessário avaliar a concentração média no tempo (TWA). Normalmente são empregadas bombas de fluxo que operam numa faixa de vazões que podem ser ajustadas de acordo com o procedimento normalizado empregado. Para calibrar essas vazões serão necessários os calibradores de fluxo.



Figura 1.4: Exemplos de amostradores ativos: cassetes para avaliação de particulados
Fonte: CTISM

- b) **Amostradores passivos** – não exigem a passagem forçada do ar, pois agem por difusão molecular. Utilizam a tendência natural dos gases e vapores de se moverem de uma área de maior concentração para uma área de menor concentração.



Figura 1.5: Amostradores passivos

Fonte: CTISM

1.8.5 Tipo de meios coletores

Os meios coletores basicamente se dividem em:

- a) **Filtros de membrana** – utilizados na coleta dos aerodispersóides. A retenção do contaminante se dá através da passagem forçada do ar (amostragem ativa) através desses filtros (cloreto de polivinila para poeiras, ester celulose para fumos metálicos e amianto) que os retêm. Posteriormente esses filtros são enviados para análise em laboratórios especializados.
- b) **Sólido adsorvente** – as moléculas do contaminante são aderidas a uma superfície sólida específica (carvão ativado para solventes orgânicos e sílica gel para solventes polares).

Exemplo: Tubos indicadores adsorventes

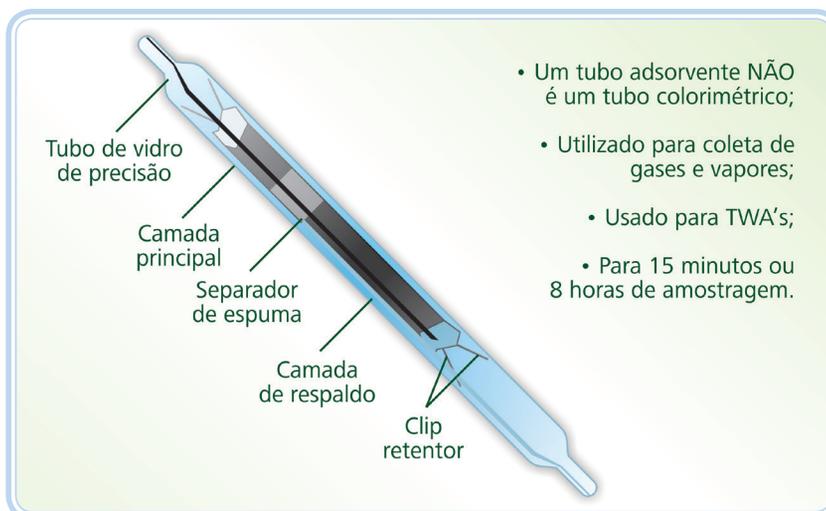


Figura 1.6: Tubos adsorventes

Fonte: CTISM



Absorção é um fenômeno ou processo físico ou químico em que átomos, moléculas ou íons introduzem-se em alguma outra fase, normalmente mais massiva, e fixam-se. O processo pode se dar pela fixação de um gás por um sólido ou um líquido, ou a fixação de um líquido por um sólido. A substância absorvida se infiltra na substância que absorve, diferentemente da adsorção, já que espécies químicas submetidas a absorção são absorvidas pelo volume, não pela superfície (como no caso de adsorção).

- c) **Líquido absorvente** – as moléculas do contaminante introduzem-se em outra fase, normalmente, nos casos de avaliação ocupacional, líquida (impingers e borbulhadores).



Figura 1.7: Exemplo de amostrador com líquido absorvente (impinger)

Fonte: CTISM

1.8.6 Tipos de métodos de coleta

Os métodos de coleta incluem a separação ou não dos contaminantes.

- a) **Ar total** – quando uma amostra de ar é recolhida (sacos de amostragem, frascos de amostragem e seringas).

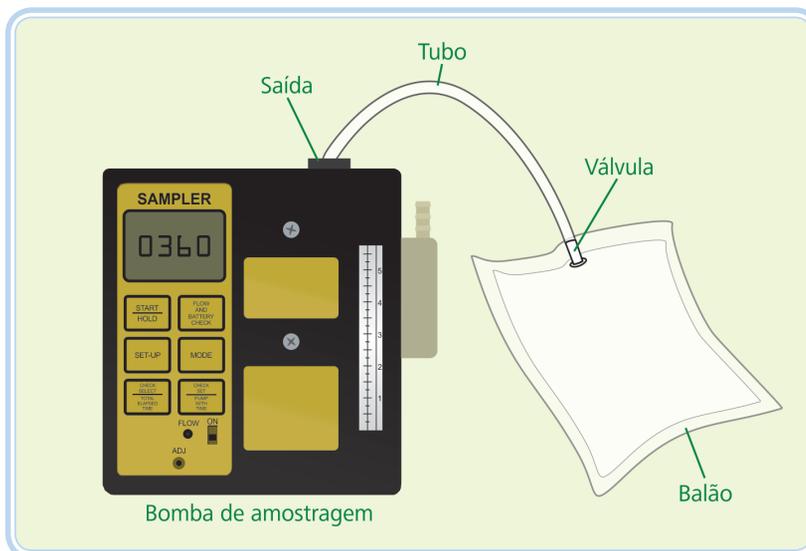


Figura 1.8: Coleta de ar total em saco de amostragem

Fonte: CTISM

- b) **Com separação dos contaminantes** – o contaminante é separado através de retenção em filtros, absorção em meio líquido, adsorção em meio

sólido ou condensação de vapores, para posterior análise em laboratório. Neste tipo de amostragem um volume conhecido de ar contaminado passa através de um meio coletor adequado, separando-se, assim, os contaminantes do restante do ar.

Em ambos os casos a análise deve ser realizada o mais rápido possível, pois o contaminante pode permear através das paredes plásticas ou sofrer **dessorção**, perdendo-se parte da amostra.

1.8.7 Tipos de amostradores quanto à leitura da concentração

Os amostradores podem ou não informar diretamente a concentração do contaminante.

- a) **Leitura direta** – fornecem imediatamente a concentração do contaminante por leitura direta em superfícies graduadas (tubos colorimétricos) ou display de equipamentos (oxímetros, medidores de CO, CO₂, H₂S, SO₂, explosímetros). São indicados para monitoramento qualitativo, detecção de vazamentos, monitoramento contínuo e para sistemas de alarme.



Figura 1.9: Tubos colorimétricos

Fonte: CTISM

- b) **Leitura indireta** – se caracterizam pela retenção do contaminante para posterior análise em laboratório.

A-Z

dessorção

É um fenômeno pelo qual uma substância é liberada através de uma superfície.

Aqui estão incluídos todos os amostradores que vão necessitar de um laboratório que faça a análise da concentração do agente, após ter sido realizada a amostragem.

Resumo

Nessa aula podemos conhecer um pouco sobre os agentes químicos, as vias de penetração no organismo, sua classificação e efeitos fisiológicos, bem como aspectos básicos de avaliação.



Atividades de aprendizagem

1. Contém informações sobre o transporte, manuseio, armazenamento e descarte de produtos químicos, considerando os aspectos de segurança, saúde e meio ambiente:
 - a) CAT
 - b) FISPQ
 - c) PPRA
 - d) PCMSO
 - e) NR 15
2. Em uma amostragem de particulados faremos a coleta da poeira ao fazer passar por um cassete com um filtro de PVC uma determinada vazão de ar, para coletar um volume padronizado. Após a coleta os cassetes são enviados a um laboratório para a detecção do teor de sílica. Nesse exemplo estamos descrevendo uma amostragem:
 - a) Ativa de leitura indireta.
 - b) Ativa de leitura direta.
 - c) Instantânea de leitura indireta.
 - d) Passiva de leitura indireta.
 - e) Passiva de leitura direta.

3. Em uma amostragem de vapores orgânicos (solventes de tinta) faremos a coleta do contaminante ao fazer passar por um tubo de carvão ativo uma determinada vazão de ar, para coletar um volume padronizado. Após a coleta os tubos são enviados a um laboratório para a detecção do teor do contaminante. Nesse exemplo estamos descrevendo uma amostragem:

a) Ativa de leitura indireta.

b) Ativa de leitura direta.

c) Instantânea de leitura indireta.

d) Passiva de leitura indireta.

e) Passiva de leitura direta.

4. Em uma amostragem de agente químico faremos a avaliação da concentração do contaminante utilizando tubos colorimétricos. Nesse exemplo estamos descrevendo uma amostragem:

a) Ativa de leitura indireta.

b) Ativa de leitura direta.

c) Instantânea de leitura indireta.

d) Passiva de leitura indireta.

e) Passiva de leitura direta.

5. Ao realizarmos uma avaliação de particulados ou de vapores orgânicos com tubos de carvão ativo a amostragem é do tipo:

a) Ar total.

b) Separação dos contaminantes.

c) Oxidativa.

d) Redutiva.

e) Eliminação do contaminante.

6. Analise as afirmativas a seguir.

I - Quanto maior a frequência respiratória do indivíduo maior será a absorção do agente químico.

II - Substâncias que tem potencial tóxico mais elevado (normalmente limites de tolerância com valor muito pequeno) devem receber atenção especial, pois podem causar grandes efeitos nocivos mesmo em baixíssimas concentrações.

III - No dimensionamento da exposição do trabalhador devemos considerar todas as situações que constituem o ciclo de trabalho e de exposição, para assegurar que a amostragem é verdadeiramente representativa daquela exposição.

Está(ão) correta(s):

- a)** I somente.
- b)** III somente.
- c)** I e II somente.
- d)** II e III somente.
- e)** Todas estão corretas.

7. Relacione as colunas:

- | | |
|------------------------|---------------------------|
| (a) Filtro de membrana | () Tubo de sílica gel. |
| (b) Sólido adsorvente | () Poeiras. |
| (c) Líquido absorvente | () Tubo de carvão ativo. |
| | () Tubo colorimétrico. |
| | () Impinger. |
| | () Fumos metálicos. |
| | () Amianto. |

Aula 2 – Limites de tolerância para agentes químicos

Objetivos

Conhecer a legislação brasileira e internacional e aprender um pouco mais sobre os limites de tolerância para agentes químicos.

2.1 Considerações iniciais

Os Limites de Tolerância (LT) ou Limites de Exposição Ocupacional (LEO), referem-se às concentrações ou intensidades dos agentes ambientais nas quais se acredita que a maioria dos trabalhadores possa estar exposta, repetidamente, dia após dia, sem sofrer efeitos adversos à saúde.

É importante ressaltar que, devido à susceptibilidade individual, uma pequena porcentagem de trabalhadores pode apresentar desconforto com relação a certas concentrações ou intensidades inferiores aos limites de exposição. Portanto, os limites de exposição são recomendações e devem ser utilizados como guias nas práticas de avaliação, não devendo ser considerados uma linha divisória entre concentrações seguras e perigosas. O correto é se manter as concentrações ou as intensidades de qualquer agente no nível mais baixo possível.

Fatores tais como carga, intensidade do trabalho, condições ambientais, frequência respiratória e cardíaca também devem ser considerados, pois podem conduzir a um aumento na quantidade do produto químico absorvido quando se avalia os riscos para os trabalhadores.

2.2 Limites de tolerância segundo a legislação brasileira

A NR 15 estabelece, em seus Anexos 11, 12 e 13, os valores limites da concentração do agente químico para os quais a maioria dos trabalhadores poderia permanecer exposta 8 horas diárias e 48 horas semanais durante toda a vida laboral, sem apresentar nenhum sintoma de doenças.

Os valores apresentados especificam valores calculados em função da exposição média no tempo (média ponderada com um valor máximo especificado), valores teto, asfixiantes simples e indicação de absorção também pela pele.

2.2.1 Limite de tolerância média ponderada

Refere-se à concentração média ponderada presente durante a jornada de trabalho. Permite que a concentração ultrapasse o limite durante um determinado período, desde que seja compensado pela exposição a valores menores, determinando que, na média, o valor fique abaixo do limite de tolerância.

$$LT = \frac{(C_1 \times t_1) + (C_2 \times t_2) + \dots + (C_n \times t_n)}{(\text{tempo total})}$$

Onde: C_1, C_2, \dots, C_n = concentração em cada exposição (ppm ou mg/m³)
 t_1, t_2, \dots, t_n = tempo de duração da exposição ao dado nível (min ou hora)
tempo total = tempo de duração da jornada (min ou hora), ou seja,
 $t_1 + t_2 + \dots + t_n$

Entretanto, esses valores acima do limite de tolerância não deverão ultrapassar, em nenhum momento da jornada, um valor denominado de **valor máximo**.

O valor máximo é calculado pela seguinte expressão (NR 15):

$$\text{Valor máximo} = LT \times FD$$

Onde: LT = limite de tolerância para o agente químico, segundo o Quadro 1 do Anexo 11 da NR 15

FD = fator de desvio, segundo definido no Quadro 2 do Anexo 11 da NR 15



Uma exposição que tenha um valor que ultrapasse o valor máximo será considerada situação de risco grave e iminente.

O Quadro 2.1 foi extraído do Quadro 1 do Anexo 11 da NR 15, que apresenta uma listagem de produtos químicos e seus limites de tolerância.

Quadro 2.1: Limites de tolerância – Quadro 1 da NR 15

Agentes químicos	Valor teto	Absorção também pela pele	Até 48 horas/semana		Grau de insalubridade a ser considerado no caso de sua caracterização
			ppm	mg/m ³	
Acetaldeído			78	140	máximo
Acetato de cellosolve		+	78	420	médio
Acetato de éter monoetílico de etileno glicol (vide acetato de cellosolve)			-	-	-
Acetato de etila			310	1090	mínimo
Acetato de 2-etóxi etila (vide acetato de cellosolve)			-	-	-
Acetileno			asfiziante	simples	-
Acetona			780	1870	mínimo
Acetonitrila			30	55	máximo
Ácido acético			8	20	médio
Ácido cianídrico		+	8	9	máximo
Ácido clorídrico	+		4	5,5	máximo
Ácido crômico (névoa)			-	0,04	máximo
Ácido etanóico (vide ácido acético)			-	-	-
Ácido fluorídrico			2,5	1,5	máximo
Ácido fórmico			4	7	médio
Ácido metanóico (vide ácido fórmico)			-	-	-
Acrilato de metila		+	8	27	máximo
Acrilonitrila		+	16	35	máximo

Fonte: Adaptado da NR 15

O Quadro 2.2 (cópia do Quadro 2 da NR 15 no seu Anexo 11) apresenta um valor denominado fator de desvio em função do valor do limite de tolerância.

Quadro 2.2: Fator de desvio – Quadro 2 da NR 15

LT (ppm ou mg/m ³)	FD
0 a 1	3
1 a 10	2
10 a 100	1,5
100 a 1000	1,25
Acima de 1000	1,1

Fonte: Adaptado da NR 15

Exemplo 2.1

Calcular o valor máximo que pode atingir uma determinada exposição ao ácido fórmico (LT = 4 ppm segundo Quadro 1 da NR 15 em seu Anexo 11).

Valor máximo = $LT \times FD$
Valor máximo = $4 \text{ ppm} \times 2$
Valor máximo = 8 ppm

2.2.1.1 Análise sobre os limites de tolerância média ponderada

Nos gráficos a seguir, apresentaremos uma série de exemplos que esclarecerão um pouco mais sobre os limites de exposição para substâncias cujo limite é avaliado por média ponderada.

Partiremos de uma exposição hipotética onde a substância possui um LT igual a 15 ppm e um valor máximo igual a 22,5 ppm ($15 \text{ ppm} \times 1,5$).

Exemplo 2.2

Exposição com valores abaixo do LT.

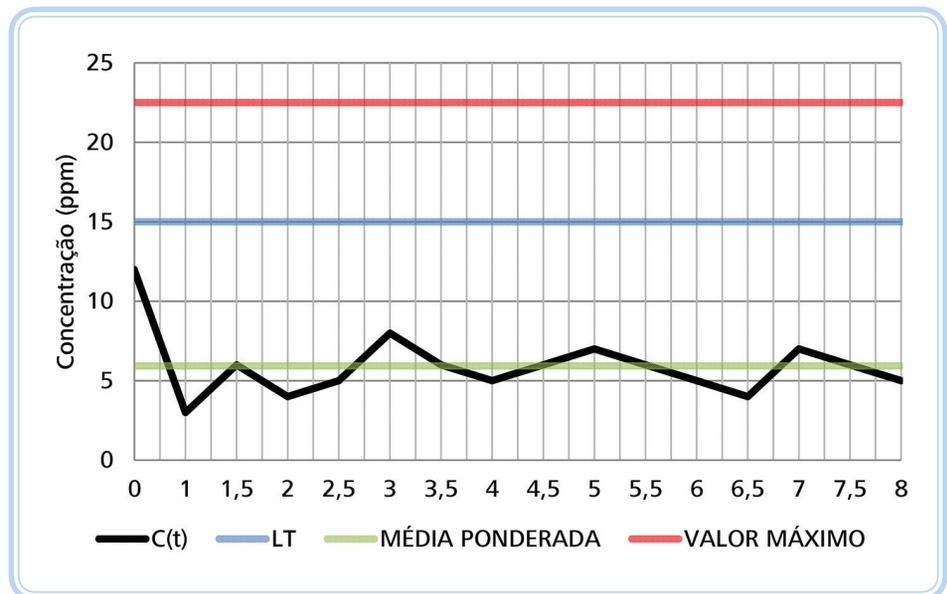


Figura 2.1: Exposição abaixo do limite de tolerância

Fonte: CTISM

Exemplo 2.3

Exposição com valores abaixo e acima do LT, mas com a média ponderada abaixo do LT.

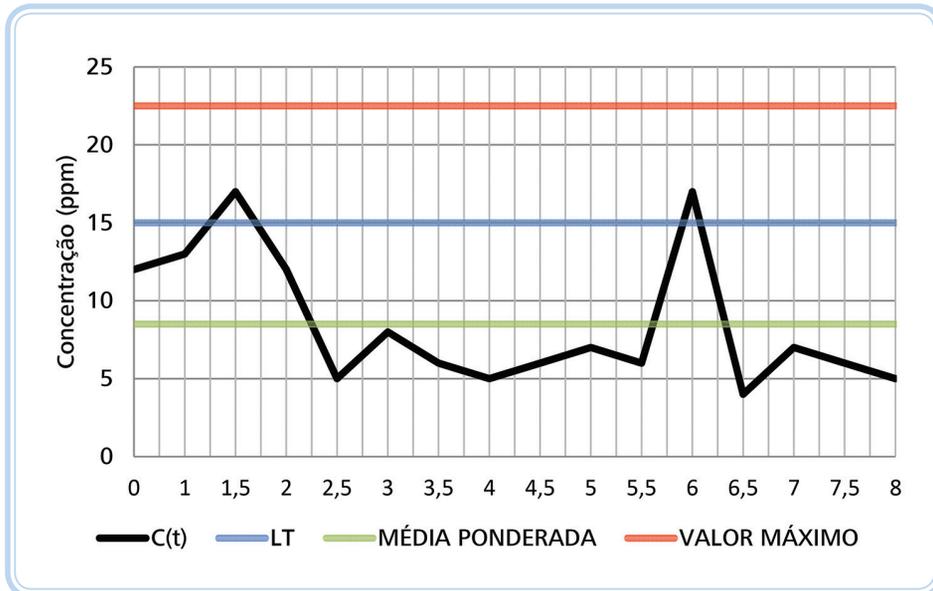


Figura 2.2: Exposição abaixo do limite de tolerância, pois apesar de alguns valores ultrapassarem o LT, a média ponderada ficou abaixo do LT e nenhum valor atingiu o valor máximo

Fonte: CTISM

Exemplo 2.4

Exposição com média ponderada abaixo do LT, mas com valores acima do valor máximo.

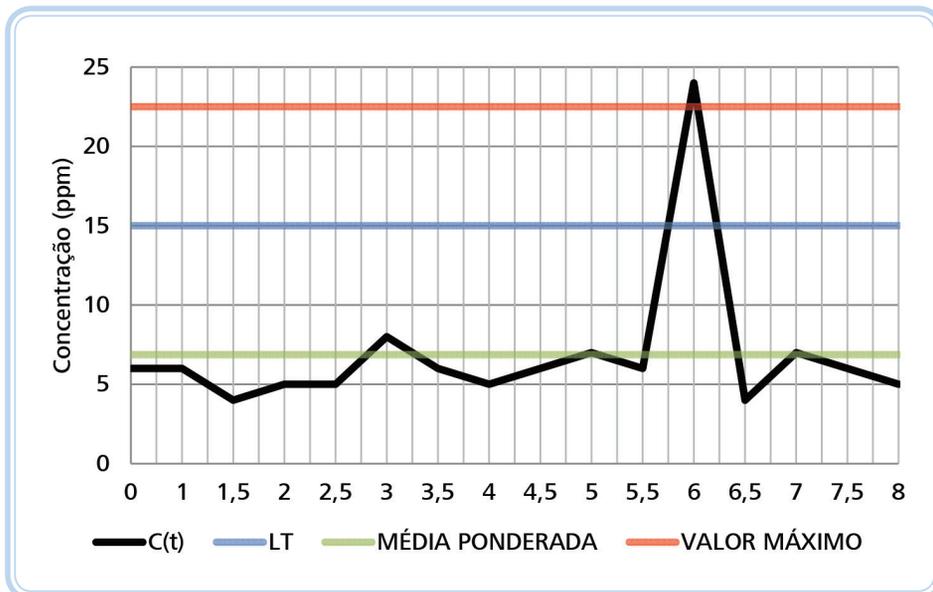


Figura 2.3: Exposição acima do limite de tolerância, pois apesar da média ponderada ficar abaixo do LT, alguns valores superaram o valor máximo

Fonte: CTISM

Exemplo 2.5

Exposição com média ponderada acima do LT.

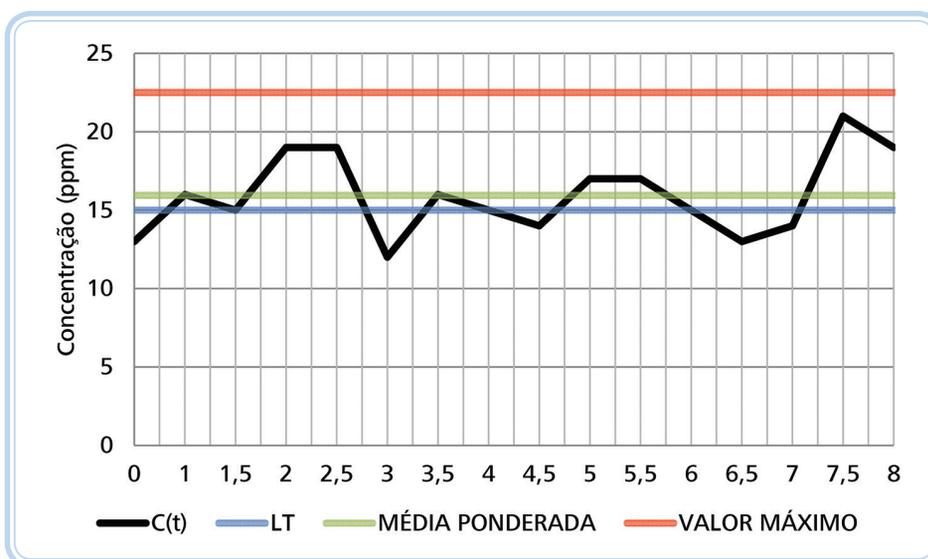


Figura 2.4: Exposição acima do limite de tolerância, pois a média ponderada ficou acima do LT

Fonte: CTISM

2.2.2 Limite de tolerância valor teto

Quando no Quadro 1, do Anexo 11 da NR 15, na tabela dos limites de tolerância, a substância tem assinalada a coluna valor teto, esse valor indica a concentração máxima que não deve ser ultrapassada em momento nenhum da jornada. Para as substâncias com valor teto, esse valor será o limite de tolerância.



Uma exposição que tenha um valor que ultrapasse o valor teto será considerada situação de risco grave e iminente.

Análise sobre os limites de tolerância valor teto.

Nos gráficos a seguir, apresentaremos uma série de exemplos que esclarecerão um pouco mais sobre os limites de exposição para substâncias cujo limite é avaliado por valor teto.

Exemplo 2.6

Exposição com valores abaixo do LT.

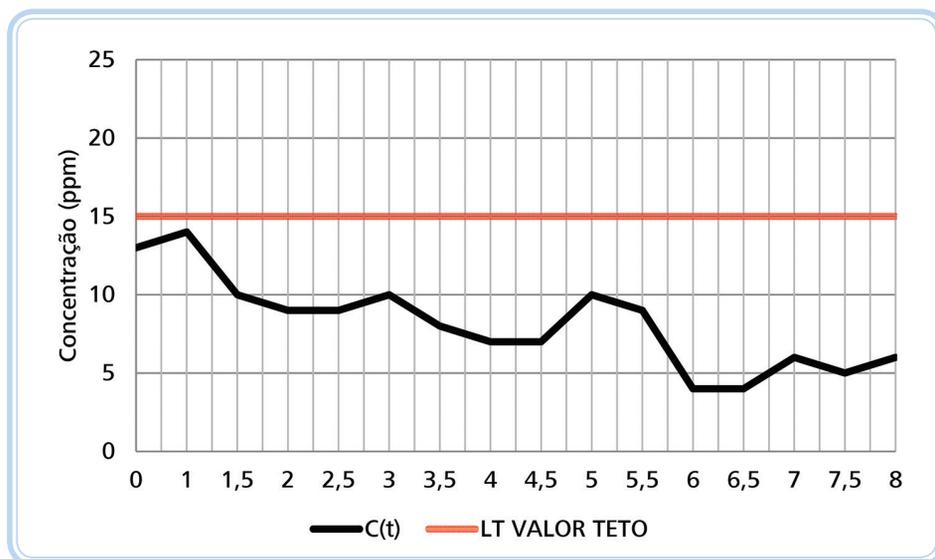


Figura 2.5: Exposição abaixo do limite de tolerância, pois nenhum valor ultrapassa o valor teto

Fonte: CTISM

Exemplo 2.7

Exposição abaixo do LT valor teto.

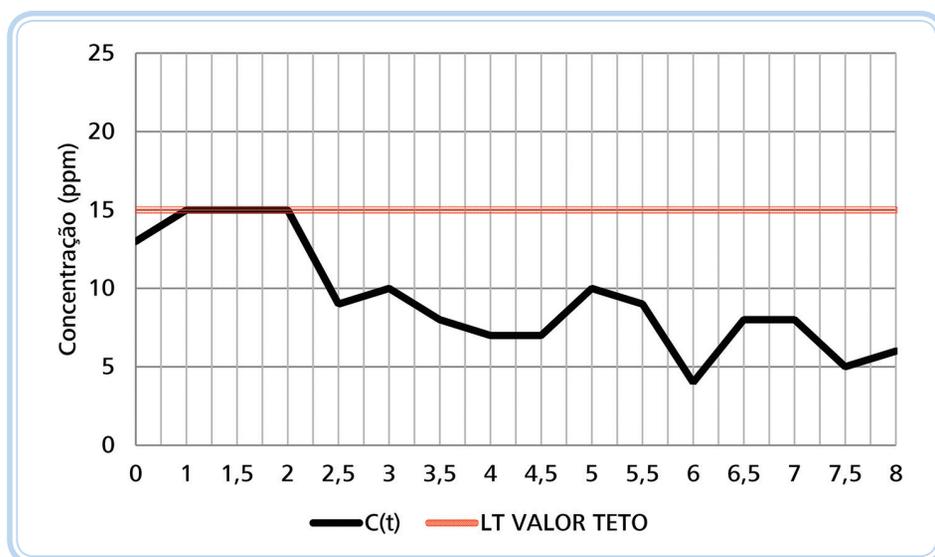


Figura 2.6: Exposição abaixo do limite de tolerância, pois nenhum valor ultrapassa o valor teto

Fonte: CTISM

Evidentemente no exemplo 02 (Figura 2.6) estamos fazendo uma interpretação da legislação. Na prática, no exercício da profissão, quando os valores ficarem um pouco abaixo do valor teto, medidas devem ser tomadas para controlar a exposição, não só pela imprecisão do método de avaliação, mas principalmente para resguardar a saúde dos trabalhadores.

Exemplo 2.8

Exposição acima do LT valor teto.

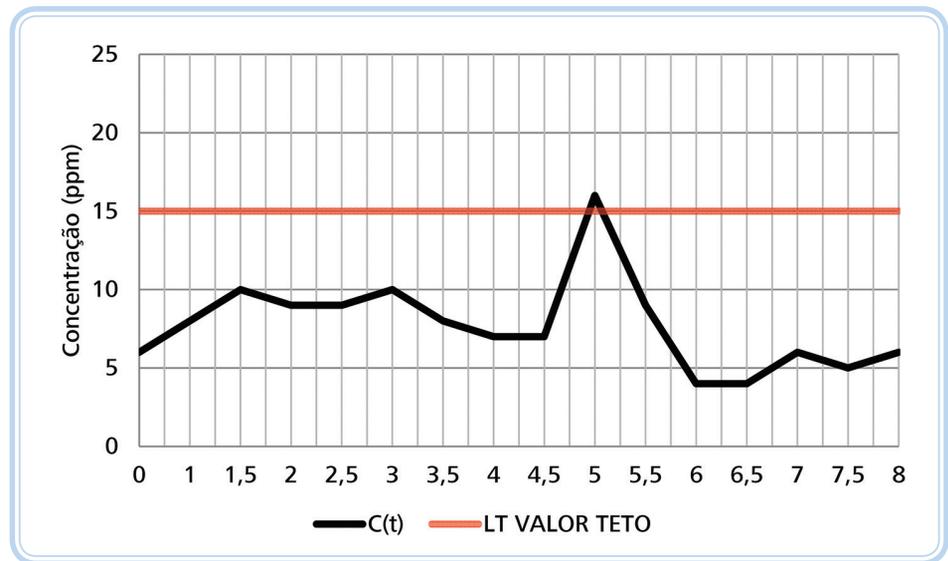


Figura 2.7: Exposição acima do limite de tolerância, pois alguns valores ultrapassam o valor teto

Fonte: CTISM

2.2.3 Substâncias com absorção pela pele

Você pode observar no Quadro 1, do Anexo 11 da NR 15 que algumas substâncias, além do limite de tolerância, apresentam assinalada a coluna absorção pela pele. Para essas substâncias não basta somente o controle da concentração do agente, mas também medidas de proteção especiais para evitar a absorção através da pele.

2.2.4 Asfixiantes simples

Asfixiantes simples são gases não-tóxicos que, quando presentes em um ambiente em altas concentrações, produzem uma redução da concentração de oxigênio por deslocamento ou diluição. Para a exposição a essas substâncias é essencial manter a concentração de oxigênio dentro de padrões mínimos aceitáveis.

A NR 15, em seu Anexo 11, indica que “Todos os valores fixados no Quadro nº 1 como “Asfixiantes Simples” determinam que nos ambientes de trabalho, em presença destas substâncias, a concentração mínima de oxigênio deverá ser 18 (dezoito) por cento em volume”.

As situações nas quais a concentração de oxigênio estiver abaixo deste valor serão consideradas de risco grave e iminente.

Algumas normas internacionais consideram atmosfera com deficiência de oxigênio aquela onde a concentração de oxigênio por volume é menor de 19,5 % de O₂.

Pelo aspecto prevencionista da profissão, os técnicos em segurança do trabalho devem considerar como indicativo de deficiência de oxigênio concentrações de 19,5 por cento ou inferior.



Os valores referem-se às exposições em condições normais de pressão. Para pressões mais elevadas ou mais baixas do que a pressão normal, estudos para avaliar novos limites devem ser realizados.

Muitos asfixiantes também podem apresentar risco de explosão e isso deve ser levado em conta para limitar a concentração dos asfixiantes.

2.2.5 Limites de tolerância para poeiras minerais

A NR 15 em seu Anexo 12 apresenta os limites de tolerância para as poeiras minerais.



Para saber mais sobre NR15 – Atividades e operações insalubres, acesse: [http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812DF396CA012E-0017BB3208E8/NR-15%20\(atualizada_2011\).pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812DF396CA012E-0017BB3208E8/NR-15%20(atualizada_2011).pdf)

2.2.5.1 Asbesto ou amianto

O limite de tolerância para fibras respiráveis de asbesto crisotila é de 2,0 f/cm³ (fibras por centímetro cúbico) e específica: entende-se por “fibras respiráveis de asbesto” aquelas com diâmetro inferior a 3 micrômetros, comprimento maior que 5 micrômetros e relação entre comprimento e diâmetro superior a 3:1.

2.2.5.2 Sílica livre cristalizada

O limite de tolerância para poeira respirável, expresso em mg/m³ (miligramas por metro cúbico), é dado pela seguinte fórmula:

$$LT = \frac{8}{\% \text{ quartzo} + 2}$$

O limite de tolerância para poeira total (respirável e não respirável), expresso em mg/m³, é dado pela seguinte fórmula:

$$LT = \frac{24}{\% \text{ quartzo} + 3}$$

Onde: “quartzo” significa sílica livre cristalizada (%SiO₂)

A NR 15 traz, em seu Anexo 13, graus de insalubridade para operações que envolvam atividades com os seguintes produtos químicos: arsênico, carvão, chumbo, cromo, fósforo, hidrocarbonetos e outros compostos de carbono, mercúrio e silicatos, referindo-se ainda as substâncias cancerígenas e benzeno.

2.3 Limites de tolerância segundo a legislação internacional

Existem várias entidades internacionais que estabelecem os valores dos limites de tolerância e métodos de avaliação dos agentes químicos. Dentre as mais importantes podemos citar os TLVs da ACGIH, os REL da NIOSH e os PEL da OSHA.

O Quadro 2.3 apresenta os principais limites de tolerância internacionais que servem como base de avaliação e comparação nas atividades de avaliação ocupacional.

Quadro 2.3: Limites de tolerância		
Norma	Denominação	Significado
ACGIH	TLV	<i>Threshold Limit Values</i> (valor limite)
ACGIH	BEI	<i>Biological Exposure Índice</i> (índice de exposição biológica)
OSHA	PEL	<i>Permissible Exposure Limit</i> (limite de exposição permissível)
NIOSH	REL	<i>Recommended Exposure Limit</i> (limite de exposição recomendado)

ACGIH: American Conference of Governmental Industrial Hygienist; OSHA: Occupational Safety and Health Administration; NIOSH: National Institute for Occupational Safety and Health.

Fonte: Autores

Embora os limites de tolerância não sejam garantia segura de que os agentes não produzam efeito à saúde, são as melhores ferramentas disponíveis, pois são determinados dentro de critérios científicos e estão sujeitos à contínua evolução (normalmente são rebaixados os valores dos LT) sempre que novos dados a respeito dos agentes sejam conhecidos e sempre que novos agentes nocivos sejam acrescentados aos ambientes de trabalho.



Para saber mais sobre ABHO, acesse: <http://www.abho.org.br/>

A ABHO (Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais) publica, anualmente, os TLVs da ACGIH, que são uma importante ferramenta de consulta para os técnicos em segurança do trabalho.

2.3.1 Limites de tolerância segundo a ACGIH

Devido a grande aceitação e utilização, como referência, dos TLVs da ACGIH (inclusive são base da legislação brasileira), faremos uma análise desses limites de tolerância e sua diferenciação com os limites brasileiros.

É importante ressaltar que a NR 9, em seu artigo 9.3.5.1, letra c, especifica que deverão ser adotadas as medidas necessárias suficientes para a eliminação, a minimização ou o controle dos riscos ambientais sempre “quando os resultados das avaliações quantitativas da exposição dos trabalhadores excederem os valores dos limites previstos na NR 15 ou, na ausência destes os valores limites de exposição ocupacional adotados pela ACGIH – *American Conference of Governmental Industrial Hygienists*, ou aqueles que venham a ser estabelecidos em negociação coletiva de trabalho, desde que mais rigorosos do que os critérios técnico-legais estabelecidos”.

Os *Threshold Limit Value* (TLV) tem o mesmo significado que o nosso “limite de tolerância” com a diferença de que os TLVs são para 8 horas/dia, 40 horas/semana e o “LT” brasileiro é para 8 horas diárias e 48 horas semanais.

Quando da aplicação dos TLVs, para a jornada brasileira, será necessário a correção dos limites para a jornada brasileira que é maior, ou seja, os valores terão de sofrer uma redução em função da jornada.

Uma equação simples para fazer a correção dos valores é a apresentada no método Brief e Scala (veja na apostila da disciplina de Higiene Ocupacional I):

$$LT_h = LT_{40h} \times F_{red}$$
$$F_{red} \text{ semanal} = \frac{40}{h} \times \frac{(168 - h)}{128}$$
$$F_{red} \text{ diário} = \frac{8}{h} \times \frac{(24 - h)}{16}$$

Onde: **LT_h** = limite de tolerância adaptado para a jornada a desejar, acima de 40h

LT_{40h} = limite de tolerância estabelecido, referente a uma exposição de 40h

F_{red} = fator de redução

h = jornada de trabalho semanal, em horas, para o fator de redução semanal

168 = número total de horas de uma semana (24 horas × 7 dias da semana)

128 = resultado de uma subtração entre o valor de 168 (horas da semana) com o valor de 40 (horas trabalhadas pela jornada americana)

h = jornada de trabalho diária, em horas, para o fator de redução diário

24 = número de horas diário

16 = resultado da subtração entre o valor de 24 (horas do dia) com o valor de 8 (horas trabalhadas pela jornada americana)

Para você entender melhor, vamos resolver um exercício onde podemos aplicar o modelo mencionado, passo a passo.

Exercício 2.1

Um operário de uma indústria de engarrafamento de solventes executa suas atividades em uma jornada de trabalho de 44 horas semanais, 8 horas e 48 minutos diárias, de segunda a sexta-feira, de acordo com normas trabalhistas brasileiras. Está exposto a um agente químico "A", cujo limite de tolerância estabelecido pela ACGIH é de uma concentração de 10 ppm para uma jornada de 40 horas semanais. Calcule o limite de tolerância apropriado para a jornada deste trabalhador.

Solução

Limite de tolerância semanal:

$$LT_h = LT_{40h} \times F_{red}$$

$$F_{red} \text{ semanal} = \frac{40}{h} \times \frac{(168 - h)}{128}$$

$$F_{red} \text{ semanal} = \frac{40}{44} \times \frac{(168 - 44)}{128}$$

$$F_{red} \text{ semanal} = 0,88$$

$$LT_h = LT_{40h} \times F_{red}$$

$$LT_h = 10 \text{ ppm} \times 0,88$$

$$LT_h = 8,8 \text{ ppm}$$

Limite de tolerância diário (8 horas e 48 minutos = 8,8 horas):

$$F_{\text{red}} \text{ diário} = \frac{8}{h} \times \frac{(24 - h)}{16}$$

$$F_{\text{red}} \text{ diário} = \frac{8}{8,8} \times \frac{(24 - 8,8)}{16}$$

$$F_{\text{red}} \text{ diário} = 0,864$$

$$LT_h = 10 \text{ ppm} \times 0,864$$

$$LT_h = 8,64 \text{ ppm}$$

Como o limite diário é mais restritivo adotaremos $LT = 8,64 \text{ ppm}$

Se calculássemos para uma jornada de até 48 horas, que é a estabelecida na NR 15, o fator de redução semanal seria igual a 0,781 e, nesse caso, seria mais restritivo. Como o Quadro 2 do Anexo 11 da NR 15 estabelece valores para jornadas de até 48 horas, por **critério prevencionista**, adotaremos o fator de redução relacionado a essa jornada de trabalho por ser mais rigoroso e reduzir os valores permitidos de exposição.

2.3.1.1 TLV – TWA – *Threshold Limit Value – Time Weighted Average*

É o termo americano que expressa o limite de tolerância ponderado no tempo, que é o mesmo critério adotado no Brasil e representa a média ponderada de todas as exposições durante a jornada, calculada em função do tempo de exposição a cada concentração.

$$TLV \text{ TWA} = \frac{(C_1 \times t_1) + (C_2 \times t_2) + \dots + (C_n \times t_n)}{\text{(tempo total)}}$$

Onde: C_1, C_2, \dots, C_n = concentração em cada exposição (ppm ou mg/m^3)
 t_1, t_2, \dots, t_n = tempo de duração da exposição ao dado nível (min ou hora)
tempo total = tempo de duração da jornada (min ou hora), ou seja,
 $t_1 + t_2 + \dots + t_n$

Entretanto, esses valores acima do limite de tolerância não deverão ultrapassar, em nenhum momento da jornada, um valor denominado de valor STEL.

A-Z**lesão tissular**

É uma lesão a nível dos tecidos da pele que pode ser causada por inflamações, feridas, queimaduras, pressão, etc.

2.3.1.2 TLV STEL – Limite de exposição de curta duração (Short Term Exposure Limit)

É a concentração a que os trabalhadores podem estar expostos, continuamente, por um período curto, sem sofrer irritação, **lesão tissular** crônica ou irreversível ou narcose em grau suficiente para aumentar a predisposição a acidentes, impedir o auto-salvamento ou reduzir a eficiência no trabalho, cuidando-se para que o limite de exposição – média ponderada (TLV TWA), não seja ultrapassada. Um STEL é definido como uma exposição média ponderada pelo tempo durante 15 minutos que não pode ser excedida em nenhum momento da jornada de trabalho, mesmo que a concentração média ponderada para 8 horas esteja dentro dos limites de exposição acima de TLV TWA. Exposições acima do TLV TWA, mas abaixo do STEL, não podem ter duração superior a 15 minutos, nem se repetir mais de quatro vezes ao dia. Deve existir um intervalo mínimo de 60 minutos entre as exposições sucessivas nesta faixa. Pode-se recomendar um período médio, diferente dos 15 minutos, desde que garantido por observação dos efeitos biológicos (ACGIH). É uma complementação ao limite TWA.

Os gráficos apresentados para explicar melhor sobre a exposição com média ponderada (NR 15) podem, por analogia, serem utilizados para explicar o TLV TWA.

Nos gráficos a seguir, apresentaremos uma série de exemplos que esclarecerão um pouco mais sobre os limites de exposição para substâncias segundo a ACGIH.

Um STEL é uma exposição TWA 15 minutos, que não deve ser ultrapassada em qualquer momento durante um dia de trabalho, mesmo que a média TWA de oito horas está dentro do padrão de exposição TWA.

Exposições ao STEL não deve ser mais longo do que 15 minutos e não deve ser repetido mais de quatro vezes por dia. Deve haver pelo menos 60 minutos entre as sucessivas exposições no STEL.

Exemplo 2.9

Exposição abaixo do TLV TWA.

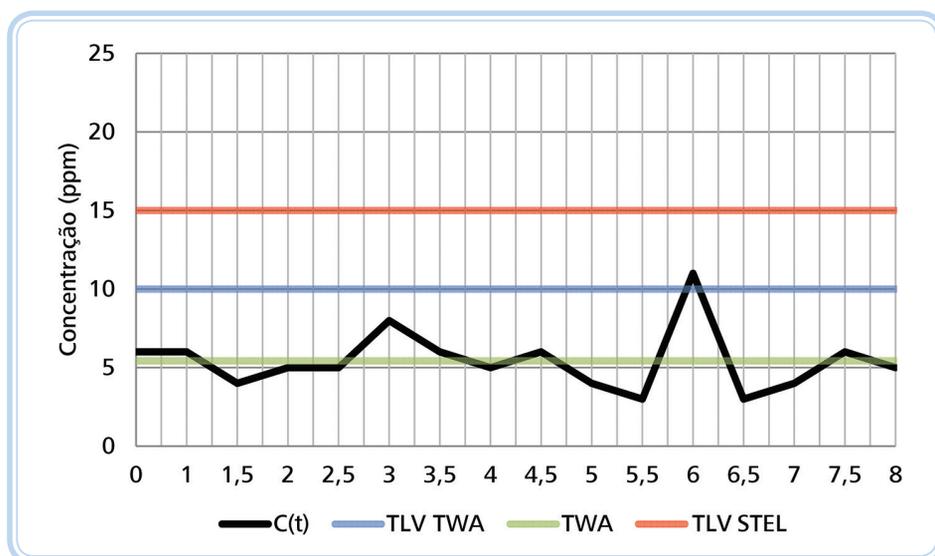


Figura 2.7: Exposição abaixo do TLV TWA

Fonte: CTISM

Exemplo 2.10

Exposição abaixo do TLV TWA, mas com exposições de 15 minutos acima do TLV TWA em intervalo menor que 60 minutos, excedendo o limite.

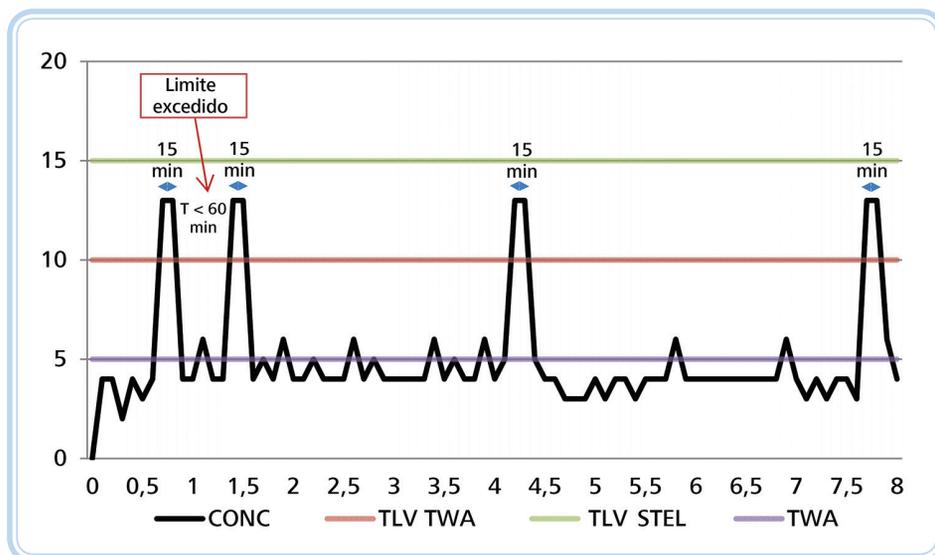


Figura 2.8: Intervalo entre duas exposições acima do TLV TWA menor que 60 minutos excedendo o limite de tolerância

Fonte: CTISM

Exemplo 2.11

Exposição abaixo do TLV TWA, mas com exposições de 15 minutos acima do TLV TWA em intervalos maiores que 60 minutos, não excedendo o limite.

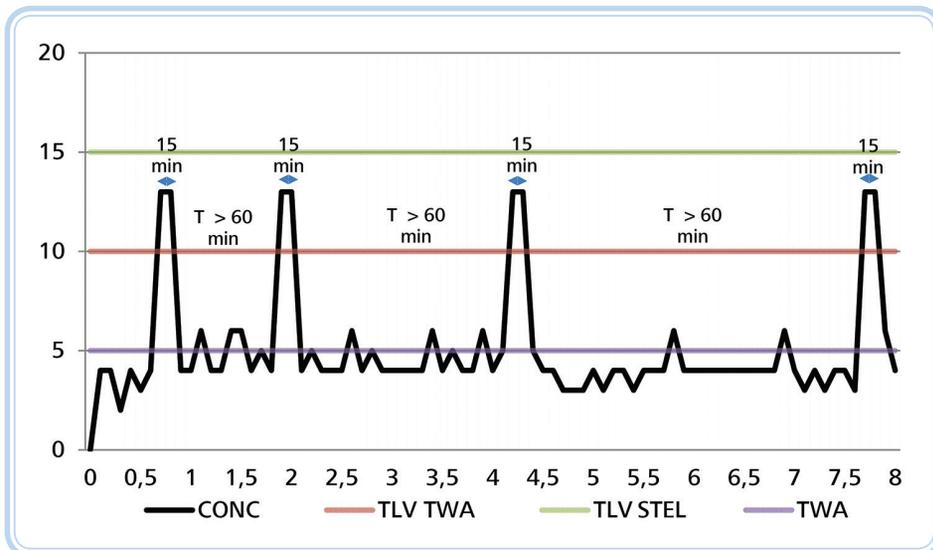


Figura 2.9: Intervalo entre duas exposições acima do TLV TWA maiores que 60 minutos não excedendo o limite de tolerância

Fonte: CTISM

Exemplo 2.12

Exposição abaixo do TLV TWA, mas com exposição com mais de 15 minutos acima do TLV TWA.

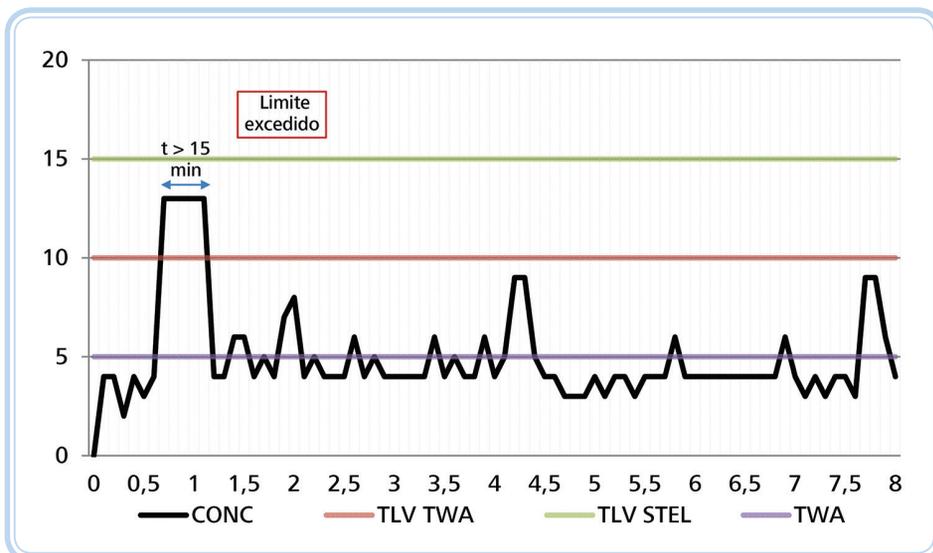


Figura 2.10: Tempo de exposições para um valor acima do TLV TWA maior que 15 minutos, excedendo o limite de tolerância

Fonte: CTISM

2.3.1.3 Exposição acima do TLV TWA para substâncias sem TLV STEL

Além de condições limitantes para exposições a concentrações acima do TLV TWA e abaixo do TLV STEL, a ACGIH impõe restrições para substâncias que não tenham valor do TLV STEL especificado.

Durante os períodos de exposição diária contínua de um contaminante no ar, o TLV TWA de 8 horas pode ser ultrapassado por curtos períodos, desde que compensado por longos períodos de exposição abaixo do TLV TWA, durante o dia de trabalho. Na prática isso deve ser controlado.

A exposição não será considerada adequada se as exposições a curto prazo excederem três vezes o padrão de exposição TWA por mais do que um total de 30 minutos durante as oito horas do dia de trabalho, ou se um valor único de curto prazo for superior a cinco vezes à exposição TWA 8 horas.

Exemplo 2.13

Exposição acima de 3 vezes o TLV TWA para substâncias sem TLV STEL, excedendo o limite de tolerância por compreender um tempo maior que 30 minutos.

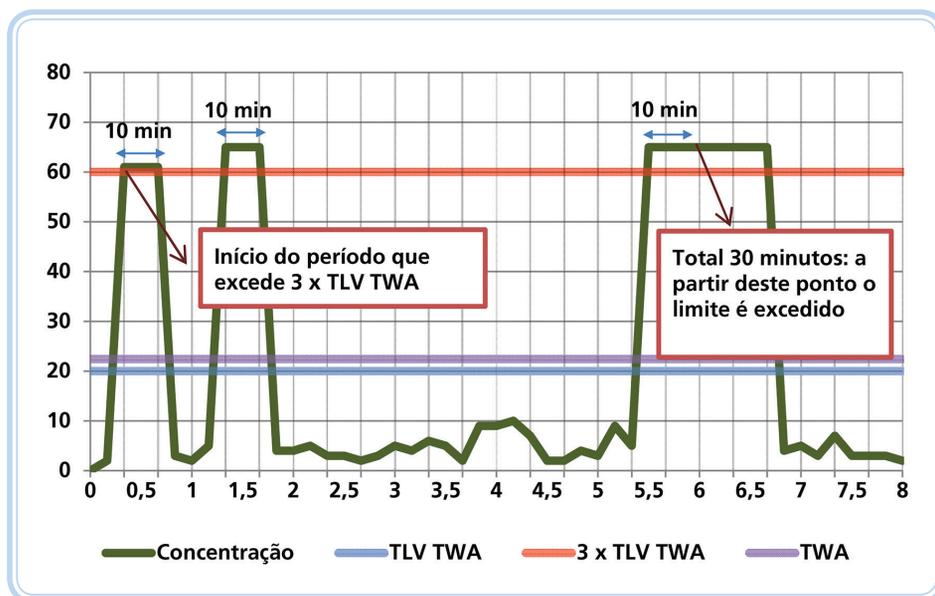


Figura 2.11: Exposição que ultrapassa 30 minutos de exposição a um valor de 3x o TLV TWA
Fonte: CTISM

Exemplo 2.14

Exposição acima de 5 vezes o TLV TWA para substâncias sem TLV STEL.

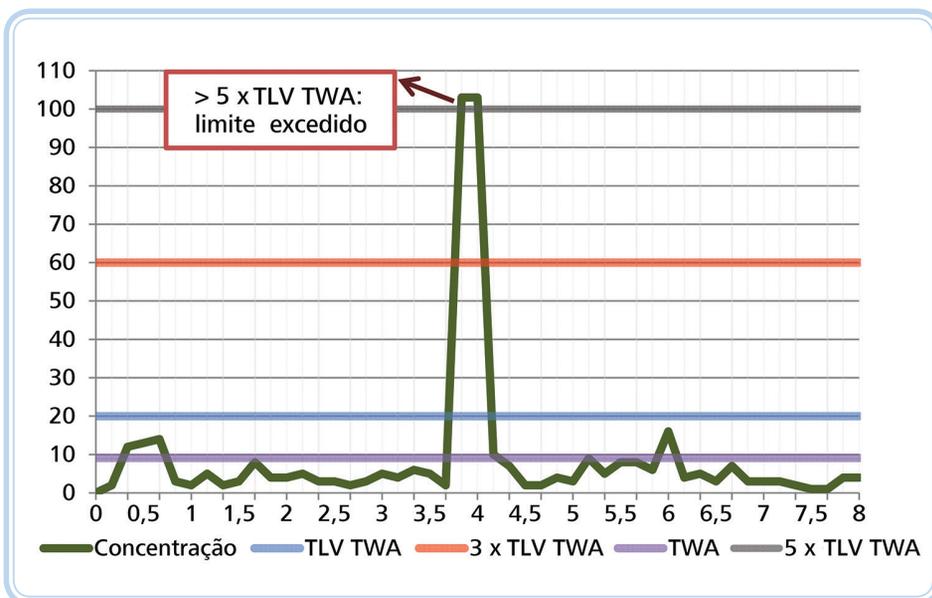


Figura 2.12: Exposição que ultrapassa o valor de 5x o TLV TWA

Fonte: CTISM

Exemplo 2.15

Exposição acima de 5 vezes o TLV TWA para substâncias sem TLV STEL.

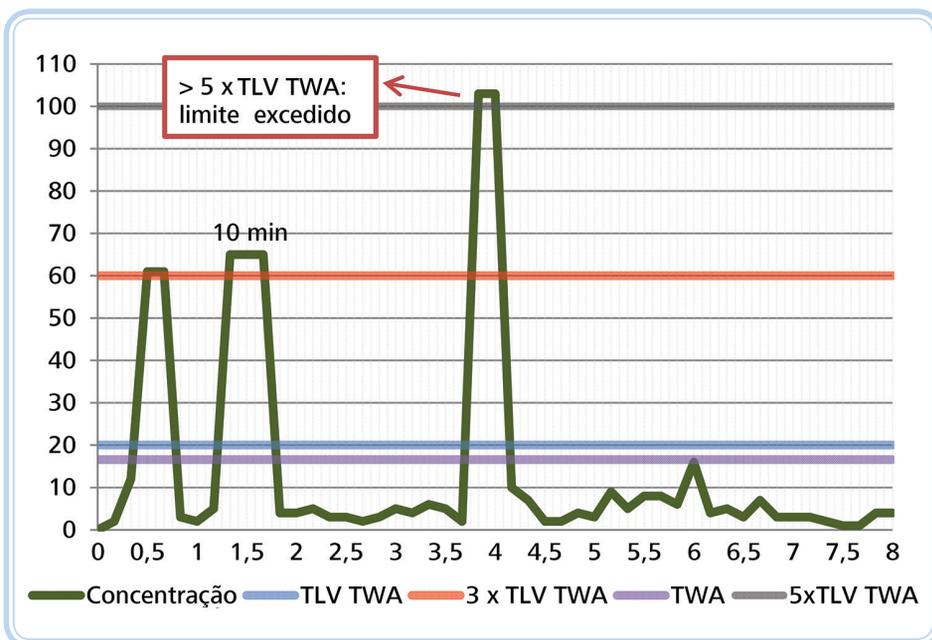


Figura 2.13: Exposição que ultrapassa 5x o TLV TWA

Fonte: CTISM

2.3.1.4 TLV C (Ceiling) – Limite de exposição valor teto

É a concentração máxima permitida que não pode ser ultrapassada em momento algum durante a jornada de trabalho. Normalmente é indicado para substâncias de alta toxicidade e baixo limite de exposição. É o equivalente ao valor teto da NR 15.

As substâncias que tem TLV C não têm TLV TWA nem TLV STEL.



Lembre-se

Ajuste dos valores de tolerância da ACGIH para a jornada brasileira. Como vimos anteriormente, os valores dos TLVs TWA precisam ser ajustados, para a jornada de trabalho brasileira, que é maior. Para tanto, utilizamos o método Brief Scalla.

IMPORTANTE

O TLV TWA deve ser ajustado para compensar a maior exposição (maior jornada).

O TLV TWA não deve ser ajustado para compensar uma menor exposição (menor jornada), isso ocorre porque os efeitos à saúde em altas concentrações podem produzir efeitos adversos.

O TLV STEL e o TLV C não devem ser ajustados, pois contabilizam os efeitos adversos de uma exposição aguda.

2.3.1.5 Índices Biológicos de Exposição (BEI)

No caso de substâncias que possuam a notação BEI, deve-se proceder o monitoramento biológico (urina, sangue). A ACGIH recomenda também o horário da coleta das amostras.

A diferença entre BEIs e TLVs é que o primeiro trata de indicadores de “absorção” de um agente químico, enquanto que o segundo se refere a um limite de “exposição”.

a) Notação dos BEIs

- B (basal) – o produto pode aparecer no determinante (urina, sangue, ar exalado) mesmo em pessoas que não foram ocupacionalmente expostas.
- Nq (não quantitativo) – um BEI não pode ser estabelecido devido à insuficiência de dados.

- Ne (não específico) – não existe BEI específico, pois pode ser observado de exposição a outras substâncias.
- Sq (semiquantitativo) – o determinante é indicador da exposição, mas a medida é imprecisa. Serve como mecanismo de triagem.
- ----- (sem notação) – ou seja, o BEI pode ser uma diretriz para avaliação e controle dos riscos.

b) Notação pele (SKIN) – indica que existe significativa contribuição da exposição via cutânea na exposição total, e que medidas para prevenir a absorção cutânea devem ser implementadas.

c) Notação sensibilizante (SEN) – indica que podem ocorrer reações adversas no tecido das vias respiratórias, na pele e conjuntivas. A sensibilização, frequentemente, ocorre através de um mecanismo imunológico.

d) Asfixiantes simples – alguns gases e vapores, quando presentes em altas concentrações no ar, atuam como asfixiantes simples pela redução no oxigênio disponível.

e) Carcinogenicidade

- A1 – carcinogênico humano confirmado.
- A2 – carcinogênico humano suspeito.
- A3 – carcinogênico animal confirmado com relevância desconhecida para seres humanos.
- A4 – não classificável como carcinogênico humano.
- A5 – não suspeito como carcinogênico humano.

f) Fração Inalável e Vapor (FIV) – quando o material pode estar presente simultaneamente nas fases particulada e de vapor, cada uma contribuindo significativamente no TLV.

O Quadro 2.3 apresenta os limites de tolerância para a acetona, o acetileno e para a querosene de aviação segundo a ACGIH, apresentando os TLVs e os BEIs.

Quadro 2.3: Limites de tolerância

Substância	Valores adotados			Efeitos críticos
	TLV TWA	STEL/TETO (C)	Notações	
Acetona*	500 ppm	750 ppm	A4; BEI	Irritação do trato respiratório superior e olhos; comprometimento do sistema nervoso central, efeitos hematológicos
Acetileno	--	Asfixiante simples	--	Asfixia
Querosene aviação	200 mg/m ³	--	Pele; A3	Irritação da pele e trato respiratório superior; comprometimento do sistema nervoso central

* a ACGIH estabelece BEI = 50 mg/L, coleta de urina ao fim da jornada.

Fonte: ACGIH, 2010

Você pode observar que são indicados, na última coluna, os efeitos críticos do contaminante, ou seja, os efeitos adversos em que o TLV é fundamentado, servindo como guia para sintomas de uma superexposição ao agente.

As abreviaturas apresentadas para os efeitos críticos dos TLVs correspondem ao seguinte:

Quadro 2.4: Abreviaturas para efeitos críticos dos TLVs

Card = cardíaco	Irr = irritação
COHb-emia = carboxihemoglobinemia	MeHb-emia = metahemoglobinemia
Compr = comprometimento	Pulm = pulmonar
Convul = convulsão	Repro = reprodutivo
Dan = dano	Resp = respiratório
Efe = efeito	Sens = sensibilização
Form = formação	SNC = sistema nervoso central
Fun = função	SNP = sistema nervosa periférico
GI = gastrointestinal	TRI = trato respiratório inferior
Hb = hemoglobina	TRS = trato respiratório superior
Inib = inibição	

Fonte: ACGIH, 2010

O Quadro 2.5 apresenta uma comparação entre os limites de tolerância para a acetona, segundo a ACGIH, NIOSH, OSHA e NR 15. Lembre-se que a NR 15 estabelece o limite para uma jornada de até 48 horas.

Quadro 2.5: Comparação entre os limites de tolerância

	ACGIH	NIOSH	OSHA	NR 15
	<i>Threshold Limit Value (TLV)</i>	<i>Recommended Exposure Limits (REL)</i>	<i>Permissible Exposure Limits (PEL)</i>	LT
Acetona	TWA: 500 ppm STEL: 750 ppm	TWA: 250 ppm IDLH: 2500 ppm	TWA: 750 ppm STEL: 1000 ppm	780 ppm

Fonte: Autores

2.3.2 Concentração IDLH (*Immediately Dangerous to Life and Health*)

São as concentrações Imediatamente Perigosas à Vida e à Saúde (IPVS). São estabelecidas pelo NIOSH e definem uma concentração imediatamente perigosa à vida ou à condição de saúde como uma situação “que representa uma ameaça de exposição a contaminantes do ar, quando a exposição é susceptível de causar a morte ou efeitos adversos à saúde permanentes, imediatos ou retardados, ou ainda impedir a fuga de um determinado ambiente. “O limite IPVS representa a concentração máxima de um produto químico no ar, para uma exposição de 30 minutos, a qual os trabalhadores adultos saudáveis podem estar expostos (se os respiradores autônomos falharem), sem sofrer efeitos permanentes ou impedir a fuga e prejudicando a saúde.



Para saber mais sobre
CDC, acesse:
[http://www.cdc.gov/niosh/idlh/
intridl4.html](http://www.cdc.gov/niosh/idlh/intridl4.html)

Os limites IDHL foram criados principalmente para auxiliar na tomada de decisões a respeito do uso do respirador. Para atmosferas acima da concentração IPVS a presença dos trabalhadores só deve ser permitida em emergências e com o uso de equipamentos de proteção respiratória autônoma.

2.3.3 Efeitos combinados

Os limites de tolerância são padrões de exposição que levam em conta a concentração de única substância. Na prática, no entanto, pode acontecer em um ambiente de trabalho a exposição a mais de um agente que pode dar origem a um aumento no risco para a saúde.

Onde há dados toxicológicos claros que indiquem que dois ou mais contaminantes tenham efeitos totalmente distintos sobre o corpo, então cada substância pode ser avaliada separadamente.

Quando nos ambientes existir uma exposição na qual misturas de contaminantes estão presentes e a interação entre essas substâncias envolvidas produz um efeito aditivo (mesmo mecanismo de ação), o efeito total sobre o trabalhador será a soma dos efeitos das substâncias individuais.

Nesse caso, o limite de tolerância será dado pela seguinte equação.

$$LT = \frac{C_1}{LT_1} + \frac{C_2}{LT_2} + \dots + \frac{C_n}{LT_n} < 1$$

Onde: C_1 , C_2 e C_3 = concentração dos agentes químicos
 LT_1 , LT_2 e LT_3 = limite de tolerância dos agentes químicos

Exemplo 2.16

Considere uma atmosfera com os seguintes contaminantes:

20 ppm de tolueno (LT = 78 ppm)

30 ppm de xileno (LT = 78 ppm)

15 ppm de 1,1,1 tricloroetano (LT = 275 ppm)

$$LT = \frac{20}{78} + \frac{30}{78} + \frac{15}{275} = 0,7 \text{ ppm}$$

No caso, a exposição não ultrapassou o limite de tolerância.

Resumo

Nessa aula, aprendemos sobre os limites de tolerância para agentes químicos, analisando o que prevê a legislação brasileira e fazendo uma comparação com os limites de tolerância internacionais estabelecidos principalmente pela ACGIH, e ainda relacionando com os limites da OSHA e NIOSH.

Atividades de aprendizagem

1. Exposições acima do TLV TWA, não podem ter duração superior a 15 minutos, nem se repetir mais de quatro vezes ao dia. Deve existir um intervalo mínimo de 60 minutos entre as exposições sucessivas nesta faixa. Estamos nos referindo ao valor:

- a) TLV STEL.
- b) TLV TWA.
- c) BEI.
- d) REL.
- e) PEL.



2. Atmosferas onde a presença dos trabalhadores só deve ser permitida em emergências e com o uso de equipamentos de proteção respiratória autônoma:

- a) Acima da concentração IPVS.
- b) Acima do TLV TWA.
- c) Acima do LT média ponderada.
- d) Abaixo da concentração IPVS.
- e) Acima do REL.

3. Para substâncias com Limite de Tolerância Média Ponderada (LTMP), segundo a NR 15:

I - Alguns valores de concentração podem estar acima do LT, desde que compensados por valores menores, para que a média fique abaixo do LT, e nenhum dos valores ultrapasse o “valor máximo”.

II - Valores acima do “valor máximo” tornam a exposição uma situação de risco grave e iminente.

III - Substâncias com LT média ponderada podem apresentar simultaneamente LT valor teto.

Está(ão) correta(s):

- a) I somente.
- b) III somente.
- c) I e II somente.
- d) II e III somente.
- e) Todas estão corretas.

4. Para substâncias com LT média ponderada (NR 15), NÃO serão consideradas situações insalubres:

I - Exposições com média ponderada abaixo do LT e com alguns valores superando o valor máximo.

II - Exposições com média ponderada abaixo do LT e com todos os valores inferiores ao valor máximo.

III - Exposições com média ponderada abaixo do LT e com todos os valores inferiores ao limite de tolerância.

Está(ão) correta(s):

- a) I somente.
- b) III somente.
- c) I e II somente.
- d) II e III somente.
- e) Todas estão corretas.

5. Dadas as afirmativas:

I - Para aplicar o TLV C (*ceiling*) para a jornada brasileira devemos aplicar o fator de correção Brief Scala.

II - Para o TLV TWA o valor do TLV STEL não pode ser ultrapassado em nenhum momento da jornada.

III - Para aplicar o TLV STEL para a jornada brasileira devemos aplicar o fator de correção Brief Scala.

Está(ão) correta(s):

- a) I somente.
- b) II somente.

c) I e II somente.

d) II e III somente.

e) Todas estão corretas.

6. É a concentração máxima permitida que não pode ser ultrapassada, em momento algum, durante a jornada de trabalho. Normalmente é indicado para substâncias de alta toxicidade e baixo limite de exposição. Estamos nos referindo a:

I - TLV C (ACGIH).

II - Valor Teto (NR 15).

III - TLV TWA.

Está(ão) correta(s):

a) I somente.

b) II somente.

c) I e II somente.

d) II e III somente.

e) Todas estão corretas.

7. Dadas as afirmativas:

I - Onde há dados toxicológicos claros, que indiquem que dois ou mais contaminantes tenham efeitos totalmente distintos sobre o corpo, então cada substância pode ser avaliada separadamente.

II - Quando existir uma exposição na qual mistura de contaminantes estão presentes e a interação entre essas substâncias envolvidas produz um efeito aditivo (mesmo mecanismo de ação), o efeito total sobre o trabalhador será a soma dos efeitos das substâncias individuais.

III - Para avaliar efeitos combinados o somatório das relações concentração/ limite de tolerância deve ser inferior a unidade.

Está(ão) correta(s):

- a) I somente.
- b) II somente.
- c) I e II somente.
- d) II e III somente.
- e) Todas estão corretas.

8. Para substâncias com TLV STEL podemos afirmar:

I - Uma exposição em um valor acima do TLV TWA e menor que o TLV STEL por mais de 15 minutos, excede o limite de tolerância.

II - Uma exposição em um valor acima do TLV TWA e menor que o TLV STEL por menos de 15 minutos, mas em intervalo entre duas exposições menor que uma hora, excede o limite de tolerância.

III - Uma exposição em um valor acima do TLV TWA e menor que o TLV STEL em tempo menor que 15 minutos, nunca excede o limite de tolerância.

Está(ão) correta(s):

- a) I somente.
- b) II somente.
- c) I e II somente.
- d) II e III somente.
- e) Todas estão corretas.

Aula 3 – Avaliação de poeiras e fumos metálicos

Objetivos

Conhecer os tipos de poeiras segundo sua classificação por origem ou tamanho das partículas, os riscos da exposição e sua avaliação.

Conhecer os fumos metálicos, os riscos da exposição e sua avaliação.

3.1 Considerações iniciais

Encontramos poeiras sempre que uma movimentação ou manipulação de um material produza partículas em suspensão. Por exemplo, produz-se poeira, ao varrer o chão, ao moer ou cortar uma pedra, tijolo ou outro material qualquer, ao trabalhar com grãos vegetais, etc.

As ocupações que expõem trabalhadores ao risco de inalação de poeiras causadoras de **pneumoconiose** estão relacionadas a diversos ramos de atividades, como mineração e transformação de minerais em geral, metalurgia, cerâmica, vidros, acabamento de pedras (granitos, mármore), construção civil, agricultura e indústria da madeira (poeiras orgânicas), entre outros.

Quando inalamos a poeira, as partículas maiores normalmente ficam retidas nas defesas naturais do trato respiratório, ficando retidas nos pelos do nariz, no muco existente na traqueia, brônquios e nos bronquíolos. As partículas menores podem atingir as partes mais profundas dos pulmões (alvéolos pulmonares) sendo as mais nocivas.

As poeiras poderão ser orgânicas e inorgânicas, dependendo de sua composição química.

As poeiras orgânicas não são muito comuns na indústria, entretanto, constituem um risco por provocarem doenças pulmonares ou intoxicações. Outro problema associado às poeiras orgânicas é quanto ao risco de explosões pela combustão violenta de partículas suspensas no ar. Como exemplos de poeiras orgânicas podemos citar as de grãos de cereais, de madeira, de algodão, fungos, excrementos de aves, etc.

A-Z

pneumoconiose

É uma doença pulmonar ocupacional e uma doença pulmonar restritiva causada pela inalação de poeiras.



Para saber mais sobre doenças pulmonares de origem ocupacional, acesse: <http://www.manualmerck.net/?id=64>

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/decreto/d6957.htm

As poeiras inorgânicas são mais comuns nos ambientes de trabalho e provocam um maior número de doenças ocupacionais. Podem ser divididas em silicosas, isto é, as que contêm sílica livre e as não silicosas. Quanto maior o teor de sílica livre cristalizada na poeira maiores serão os danos da exposição por produzir a silicose, que é uma das doenças ocupacionais com consequências mais graves para a saúde do trabalhador.

Existem dois tipos de pneumoconioses: as fibrogênicas e as não fibrogênicas.

As fibrogênicas provocam alterações permanentes ou destruição da estrutura alveolar, enquanto que as não fibrogênicas provocam uma reação pulmonar mínima, sendo potencialmente reversíveis e não alteram a estrutura alveolar.

O Quadro 3.1 exemplifica algumas pneumoconioses.

Quadro 3.1: Exemplos de doenças produzidas por poeiras inorgânicas	
Pneumoconiose	Agente(s) etiológico(s)
Asbestose	Inalação de fibras microscópicas de asbesto. A doença é progressiva, resultando em cicatrização dos pulmões com tecido fibroso (fibrogênica).
Silicose	Inalação de poeiras contendo sílica cristalina livre, caracterizada pela formação de cicatrizes nos pulmões (fibrogênica).
Pneumoconiose do trabalhador do carvão	Inalação de poeiras contendo carvão mineral e vegetal. Caracterizada por cicatrizes nos pulmões, que muitas vezes danifica os pulmões e pode levar à falta de ar (fibrogênica).
Siderose	Inalação de poeiras de óxidos de ferro (não fibrogênica)
Exemplos de doenças produzidas por poeiras inorgânicas	
Bissinose	Inalação de poeiras no processamento e manuseio do cânhamo, linho e algodão.
Pneumonite por hipersensibilidade	Inalação de esporos do fungo a partir de feno mofado, excrementos de pássaros e outras poeiras orgânicas.

Fonte: http://bvsm.s.saude.gov.br/bvs/publicacoes/protocolo_pneumoconioses.pdf

Avaliações da exposição do trabalhador são feitas através da coleta e mensuração das poeiras presentes (silicosas e não silicosas) na zona de respiração do trabalhador durante a jornada de trabalho. Uma zona de respiração é muitas vezes definida como um hemisfério com raio de, aproximadamente, 15 ± 5 cm das narinas do trabalhador (NHO 08), com o seu centro de origem no nariz de um trabalhador a qual se assume que um contaminante na zona de respiração é homogêneo e a sua concentração é equivalente à concentração inalada pelo trabalhador. A localização exata do centro do hemisfério e seu raio variam entre algumas definições.

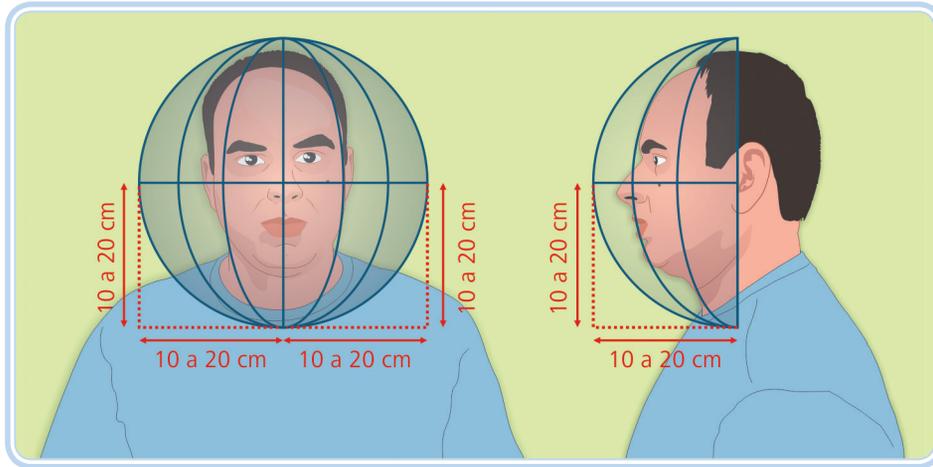


Figura 3.1: Zona de respiração

Fonte: CTISM

3.2 Classificação das poeiras

Um material particulado pode ser definido como um conjunto de partículas sólidas produzidas por ruptura de um material originalmente sólido, suspensas ou capazes de se manterem suspensas no ar. Os materiais particulados (poeiras) são classificados em inaláveis, torácicos, respiráveis, totais e partículas não especificadas de outra maneira.

3.2.1 Particulado inalável

É a fração de material particulado suspenso no ar, constituída por partículas de diâmetro aerodinâmico menor que 100 μm , capaz de entrar pelas narinas e pela boca, penetrando no trato respiratório durante a inalação. É apropriada para avaliação do risco ocupacional associado com os materiais suspensos no ar que exercem efeito adverso quando depositados no trato respiratório como um todo (NHO 08).

3.2.2 Particulado torácico

É a fração de material particulado suspenso no ar, constituída por partículas de diâmetro aerodinâmico menor que 25 μm , capaz de passar pela laringe e entrar pelas vias aéreas superiores e penetrar nos pulmões. É apropriada para avaliação do risco ocupacional associado com os materiais suspensos no ar que exercem efeito adverso quando depositados nas regiões traqueobronquial e de troca de gases (NHO 08).

3.2.3 Particulado respirável

É a fração de material particulado suspenso no ar, constituída por partículas de diâmetro aerodinâmico menor que 10 μm , capaz de penetrar além dos

bronquíolos terminais e se depositar na região de troca de gases dos pulmões, causando efeito adverso nesse local (NHO 08).

3.2.4 Particulado total

É o material suspenso no ar coletado em porta-filtro de poliestireno de 37 mm de diâmetro, de três peças, com face fechada e orifício para a entrada do ar de 4 mm de diâmetro, conhecido como cassete. A coleta de particulado total deve ser utilizada somente quando não houver indicação específica para coleta de particulado inalável, torácico ou respirável (NHO 08).

3.2.5 Partículas não especificadas de outra maneira (PNOS)

Partículas para as quais ainda não há dados suficientes para demonstrar efeitos à saúde em concentrações geralmente encontradas no ar dos locais de trabalho, mas que não podem ser totalmente consideradas inertes.

3.3 Avaliação e coleta de materiais particulados

Conforme observado anteriormente, a sílica cristalina é um dos mais abundantes minerais encontrados na crosta terrestre e os ambientes devem ser inspecionados para se determinar a necessidade ou não da amostragem. Por esse motivo, daremos atenção especial a esse agente, e nos basearemos na sua avaliação para a descrição dos métodos de amostragem de poeiras.

A finalidade primária da amostragem da poeira com sílica cristalina (ou outro particulado) é de identificar os trabalhadores expostos de modo que os controles apropriados possam ser postos em prática para prevenir doenças.

Detectada a necessidade, o próximo passo será determinar onde e quantas amostragens serão necessárias. Evidentemente que, atividades de trabalho e as áreas com mais alta exposição à poeira, serão prioritárias e exigirão um número maior de amostras.

O tamanho da partícula, o material, as características de manipulação, o ambiente e os controles de poeira existentes também influenciam substancialmente no dimensionamento da amostragem.

Na escolha dos trabalhadores a serem amostrados, comece com aqueles que têm a maior exposição à poeira. Se for possível, veja se há a possibilidade de se identificar um **grupo de exposição similar** (ou grupo homogêneo de exposição).

A-Z

grupo de exposição similar
(GES) Grupo de trabalhadores que experimentam situações de exposição semelhantes de forma que o resultado fornecido pela avaliação da exposição de qualquer trabalhador desse grupo seja representativo da exposição dos demais trabalhadores.

Para efetivação das amostragens é necessário a aquisição dos elementos filtrantes (filtro + cassete) e será necessário envolver um laboratório credenciado para o fornecimento dos cassetes pré-pesados e para a análise de amostras (determinação da quantidade de poeira recolhida no filtro e determinação da quantidade de sílica cristalina ou outro particulado no pó). Os laboratórios normalmente fornecem uma planilha com todos os dados necessários de procedimentos para a coleta dos particulados segundo os métodos recomendados, bastando ao profissional de segurança amostrar corretamente e registrar os parâmetros de coleta e enviar ao laboratório para análise.

A NHO 08 apresenta, em seu Anexo D, tabelas de critério para a coleta de particulados suspensos no ar. Apresentamos a seguir a cópia dessas tabelas.



A íntegra da NHO 08 pode ser obtida para *download* em: http://www.fundacentro.gov.br/dominios/SES/anexos/NHO08_portal.pdf

Quadro 3.2: Parâmetros para coleta e análise de material particulado suspenso no ar

Material particulado		Coleta	Análise	
Silica cristalina	Fração	Dispositivo de coleta e vazão da bomba de amostragem.	Técnica analítica	Método de referência
	Respirável	a) Filtro de membrana de PVC, 5 µm de poro, 37 mm de diâmetro. b) Porta-filtro. Verificar a recomendação do método analítico.	Difratometria de raios X	NHO 03 e Santos (1989) NIOSH 7500
		c) Separador de partículas Dorr-Oliver, de <i>nylon</i> , de 10 mm, com vazão de 1,7 L/min; ou Higgins-Dewell (HD), com vazão de 2,2 L/min; ou de alumínio, com vazão de 2,5 L/min.		
	Respirável	a) Filtro de membrana de PVC, 5 µm de poro, 37 mm de diâmetro. b) Porta-filtro de 2 ou 3 corpos. c) Separador de partículas Dorr-Oliver, com vazão de 1,7 L/min.	Difratometria de raios X	OSHA ID-142
	Respirável	a) Filtro de membrana de PVC, 5 µm de poro, 37 mm de diâmetro. b) Porta-filtro de 2 corpos. c) Separador de partículas Dorr-Oliver de <i>nylon</i> , de 10 mm, com vazão de 1,7 L/min; ou Higgins-Dewell (HD), com vazão de 2,2 L/min.	Espectrofotometria no infravermelho	NIOSH 7602
Respirável	a) Filtro de membrana de PVC ou PVC copolímetro de acrilonitrila, 5 µm de poro, 25 mm de diâmetro. b) Porta-filtro. No método do HSE-MDHS 14/3, o porta-filtro e o separador de partículas são uma única peça. c) Separador de partículas Higgins-Dewell (HD), com vazão de 2,2 L/min; ou outro tipo, conforme recomendado no método HSE-MDHS 14/3.	Espectrofotometria no infravermelho ou difratometria de raios X	HSE-MDHS-101	

Fonte: Anexo D da NHO 08

Quadro 3.3: Parâmetros para coleta e análise de material particulado suspenso no ar

Material particulado		Coleta	Análise	
Partículas não especificadas de outra maneira (PNOS)	Fração	Dispositivo de coleta e vazão da bomba de amostragem.	Técnica analítica	Método de referência
	Inalável	a) Filtro de membrana de PVC, 5 µm de poro, 25 mm de diâmetro para porta-filtro tipo IOM ou 37 mm de diâmetro para dispositivo cônico. b) Porta-filtro tipo IOM com vazão de 2 L/min; ou dispositivo cônico, com vazão de 3,5 L/min.	Gravimetria	HSE-MDHS 14/3
	Respirável	a) Filtro de membrana de PVC, 5 µm de poro, 25 mm de diâmetro para o separador de partículas HD ou 37 mm de diâmetro para os outros separadores. b) Porta-filtro. c) Separador de partículas Higgins-Dewell (HD), com vazão de 2,2 L/min; ou Dorr-Oliver de <i>nylon</i> de 10 mm, com vazão de 1,7 L/min; ou GK2,69, com vazão de 4,2 L/min.		
	Respirável	a) Filtro de membrana de PVC, 5 µm de poro, 37 mm de diâmetro. b) Porta-filtro. c) Separador de partículas Dorr-Oliver de <i>nylon</i> de 10 mm, com vazão de 1,7 L/min; ou Higgins-Dewell (HD), com vazão de 2,2 L/min; ou de alumínio, com vazão de 2,5 L/min.	NIOSH 0600	

Fonte: Anexo D da NHO 08

3.3.1 Avaliação de poeira respirável

Para a avaliação de poeira respirável serão necessários: cassete, suportes de filtros, filtros, um separador de partículas, instrumentos capazes de coletar um determinado volume de ar padronizado (bombas de amostragem) e um calibrador de vazão.

a) Cassete, suporte de filtro e filtro

Na avaliação de poeiras respiráveis, utilizamos um cassete de plástico pré-montado que contém um filtro de cloreto de polivinila (PVC), pré-pesado de 37 milímetros, com um tamanho de poro de 5,0 micrômetros (µm). Um suporte de papelão é usado para apoiar o filtro PVC dentro do cassete.

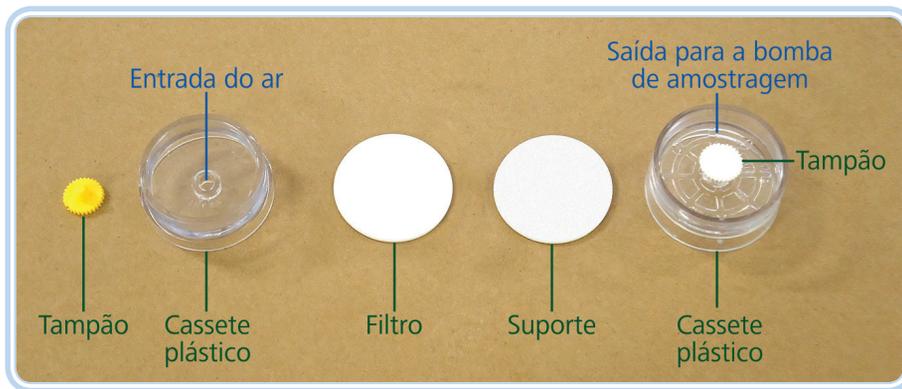


Figura 3.2: Cassete para avaliação de poeiras

Fonte: CTISM

Tipicamente, o conjunto coletor é preparado e fornecido por um laboratório para o qual o cassete será devolvido após a amostragem. Os laboratórios vão indicar os parâmetros da avaliação e realizar os procedimentos de análise necessários:

- A especificação do método de coleta (vazão, volume, técnica de análise).
- A determinação da quantidade de poeira recolhida no filtro.
- A determinação da quantidade de sílica cristalina no pó.

Os tampões que acompanham o cassete (azul e vermelho) servem para diferenciar um já utilizado de um sem uso. Todos os cassetes vêm numerados e pré-pesados para que o laboratório possa realizar a análise da amostragem.

O cassete pode ter duas ou três secções.

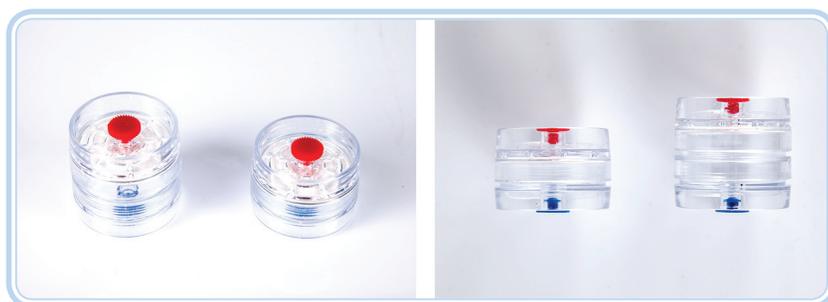


Figura 3.3: Cassete de 2 e 3 secções

Fonte: CTISM

Na montagem dos cassetes para a amostragem a parte ranhurada sempre será conectada ao tubo da bomba de amostragem.



Figura 3.4: Sentido de montagem do cassete para avaliação

Fonte: CTISM

b) Dispositivo seletivo de tamanho de partículas

Como o interesse são as partículas menores que $10\ \mu\text{m}$, será necessário a utilização de um separador de partículas, que é um componente do dispositivo de coleta utilizado para separar partículas dentro de uma faixa de tamanhos pré-determinada. Estes dispositivos são denominados ciclones.

O ciclone funciona de maneira semelhante a uma centrífuga. A rápida circulação de ar dentro de sua câmara separa as partículas de poeira de acordo com seu diâmetro aerodinâmico equivalente. As partículas de poeira respirável (menores) são coletadas sobre um filtro na parte superior enquanto as partículas maiores, por centrifugação, são conduzidas para a parte inferior do ciclone e recolhidas em um recipiente acoplado.

As amostras de poeira respirável são coletadas, normalmente, por meio de um ciclone de *nylon* ou de alumínio. Outros ciclones também são empregados: o ciclone Dorr-Oliver e o ciclone HD (Higgins Dewell).

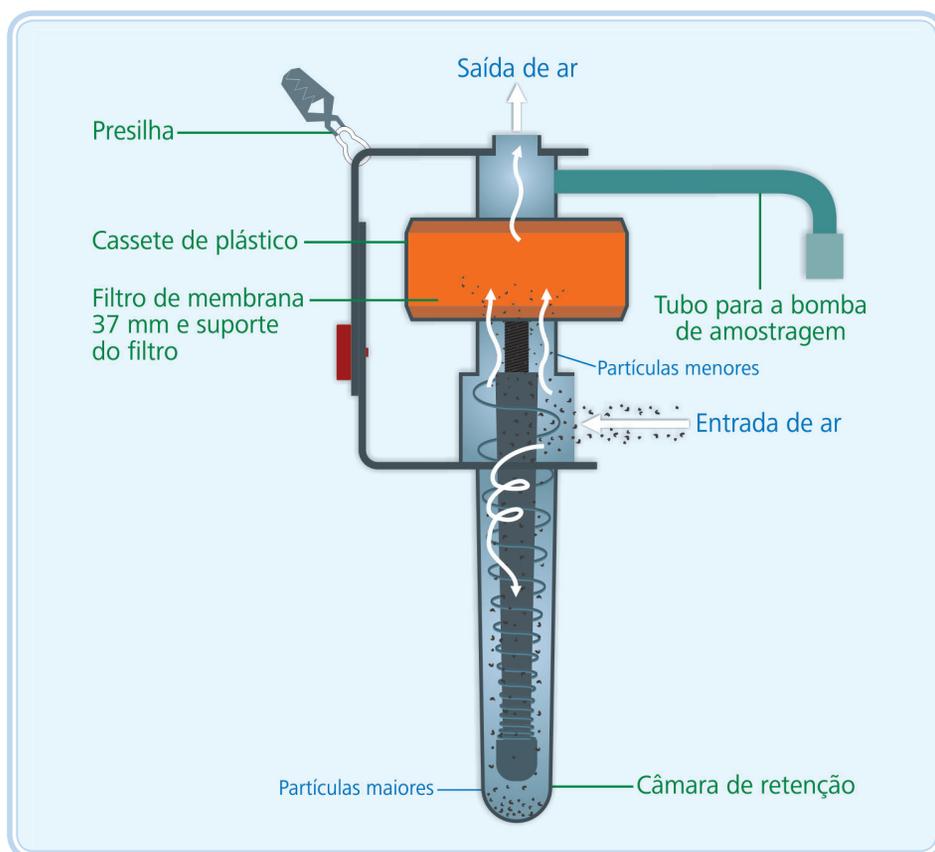


Figura 3.5: Funcionamento do ciclone

Fonte: CTISM

Na avaliação com **ciclone de alumínio**, deveremos adquirir um cassete (+ filtro), normalmente 37 mm, de três secções. Para a montagem do dispositivo desmontaremos o cassete de 3 secções e introduziremos o ciclone. A parte a ser removida para a instalação do ciclone é a parte da entrada do ar de amostragem (parte não ranhurada do cassete).

É muito importante que o ciclone seja corretamente inserido no cassete, porque o fluxo de ar deve percorrer um sentido determinado, ou seja, da parte lisa do cassete (baixo), onde será captado o ar, para a parte ranhurada (linhas radiais ao longo da base de plástico). Não inserir o ciclone corretamente no conjunto do filtro-cassete (lado errado ou selo solto) resultará numa amostra desperdiçada.

Na parte inferior do ciclone (vermelha) ficarão retidas as partículas maiores. Durante a amostragem nunca retire a tampa vermelha da câmara de retenção do ciclone.

Na disciplina de Instrumentação aprenderemos com mais detalhes o processo de montagem do cassete, calibração e amostragem.



Figura 3.6: Ciclone de alumínio (a) e montagem do conjunto no porta cassette (a)

Fonte: CTISM

Quando se utiliza o ciclone de alumínio, o fluxo ideal (vazão) a ser utilizado, para a amostragem é de 2,5 L/min. (Veja Quadro 3.1).



Quando se adquirir um equipamento para avaliação de poeiras respiráveis, com ciclone de alumínio, deve-se adquirir junto a câmara de calibração (permite efetivar a calibração da vazão requerida).



Figura 3.7: Câmara de calibração para ciclone de alumínio

Fonte: CTISM

O conjunto de filtro cassette e ciclone são fixados no colarinho do trabalhador ou bolso, junto à zona de respiração. Coloque a bomba no cinto do trabalhador.



Para facilitar a instalação adquira junto o porta-cassete.

Na avaliação com ciclone de *nylon*, poderemos utilizar um cassette de duas ou três secções, respeitando sempre a direção correta do fluxo de ar, ou seja, da parte lisa para a parte ranhurada do cassette.

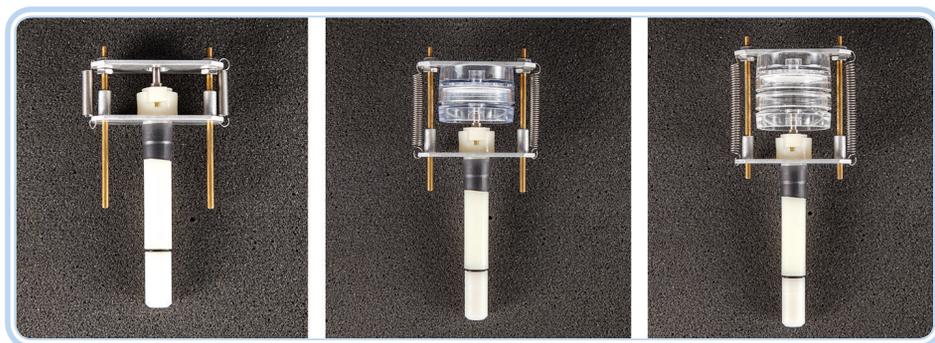


Figura 3.8: Ciclone de nylon e sua montagem em cassete de duas e três seções

Fonte: CTISM

Quando se utiliza o nylon de 10 mm, o fluxo ideal (vazão) a ser utilizada para a amostragem é de 1,7 L/min. (Veja Quadro 3.1).

Quando adquirir um equipamento para avaliação de poeiras respiráveis com ciclone de nylon, deve-se adquirir junto a jarra de calibração (permite efetivar a calibração da vazão requerida).



Figura 3.9: Jarra de calibração para ciclone de nylon

Fonte: <http://www.fasteronline.com.br/products/camara-de-calibracao-tipo-jarra-padrao>

A calibração correta da vazão de ar que passa pelo ciclone é de fundamental importância. Uma vazão menor que a especificada pode fazer com que parte da fração respirável caia para a câmara de retenção. Uma vazão maior que a especificada pode produzir o arraste de partículas maiores para o filtro. Em ambas as situações a amostragem será incorreta.



As Figuras 3.10 e 3.11 apresentam outros dois tipos de ciclones.

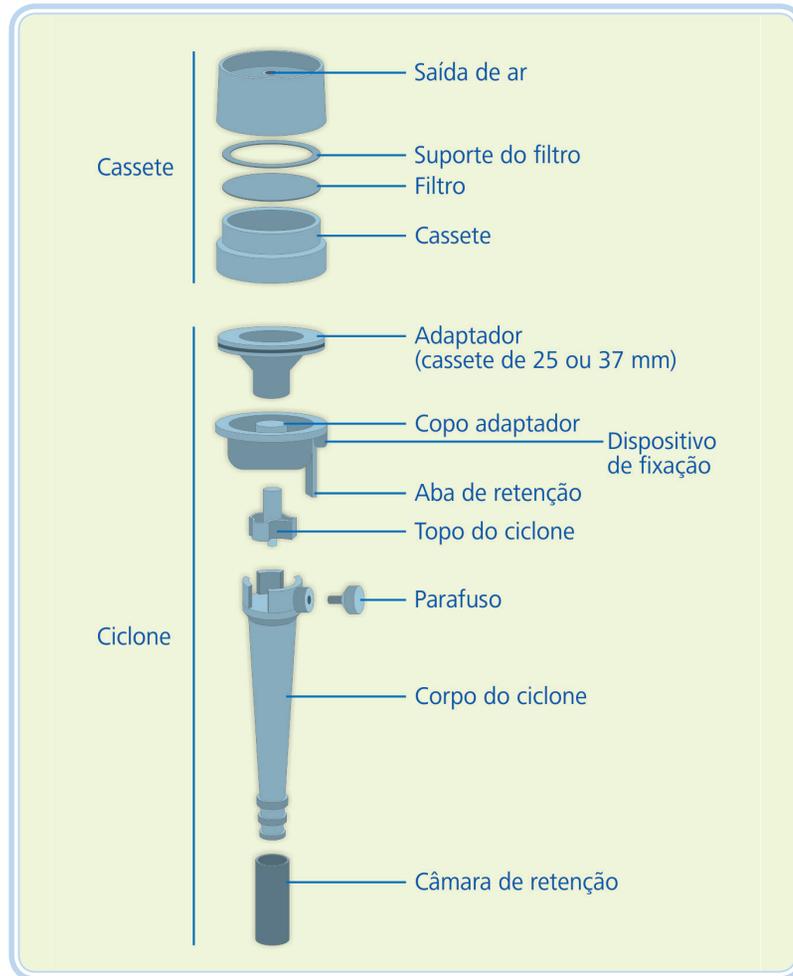


Figura 3.10: Ciclone Dorr-Oliver

Fonte: CTISM, adaptado de <http://www.skinc.com/prod/225-100.asp>



Figura 3.11: Ciclone HD (Higgins-Dewell)

Fonte: <http://www.skinc.com/prod/225-69.asp>

c) Bomba de amostragem

Dispositivo portátil responsável por aspirar o ar através do conjunto de cassetes ao longo da amostragem, a uma vazão constante pré-determinada. Na bomba será ajustado um fluxo de ar em litros por minuto, de acordo com o estabelecido, em norma para cada tipo de amostragem. As bombas de amostragem de hoje estão equipadas com características de compensação do fluxo de ar para manter automaticamente a taxa de fluxo desejada, mesmo quando a carga de pó no filtro aumenta.

Tubos flexíveis são usados para fazer a ligação entre o cassete e a bomba de amostragem.



Figura 3.12: Bombas de amostragem para poeiras

Fonte: CTISM

Na disciplina de Instrumentação aprenderemos melhor o ajuste da vazão nas bombas e a montagem do dispositivo de amostragem.

d) Calibradores

Como podemos observar no Quadro 3.1 as vazões de amostragem são normalizadas. Para tanto precisamos utilizar os calibradores para garantir que as vazões estejam corretas. A calibração de fluxo de ar adequado através do conjunto de amostragem é, portanto, essencial.

Pouco antes de cada amostragem, a bomba com todo o seu conjunto de amostragem deve ser calibrada. Após a conclusão da amostragem, o fluxo da bomba deve ser novamente verificado para assegurar que a taxa de fluxo não variou durante o período de amostragem em mais do que 5%. Por exemplo, no uso de um ciclone de *nylon* (1,7 L/min) o limite tolerado fica entre 1,615 - 1,785 L/min. Amostragem com esta variação assegura que o ciclone de *nylon* de 10 mm separou corretamente as partículas respiráveis das não respiráveis.

Na disciplina de Instrumentação aprenderemos melhor sobre a calibração da vazão nas bombas e a montagem do dispositivo de amostragem.

Na Figura 3.13 apresentamos o esquema de calibração na amostragem de poeira respirável, com ciclone de alumínio.



Figura 3.13: Calibração com ciclone de alumínio (a e b) e esquema para a amostragem (c)
Fonte: CTISM

Observe que a câmara de calibração foi introduzida no ciclone (b) e o equipamento pronto para ser fixado no trabalhador para a amostragem (o ciclone sem a câmara de calibração) (c).

Na Figura 3.14 apresentamos o esquema de calibração quando utilizado um ciclone de *nylon*.

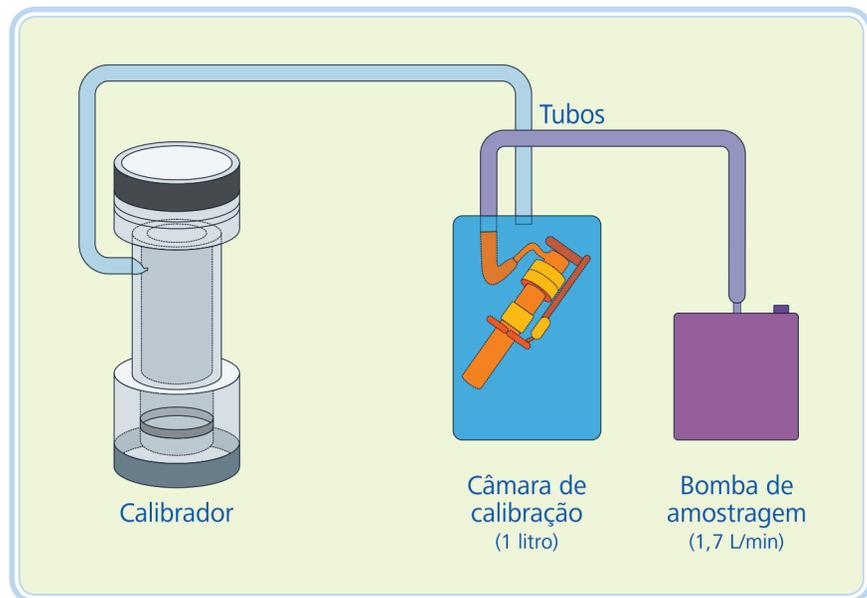


Figura 3.14: Calibração com ciclone de nylon
Fonte: CTISM

A Figura 3.15 apresenta um quadro resumo com as vazões normalizadas para cada ciclone.



Figura 3.15: Ciclones e suas vazões normalizadas

Fonte: CTISM

3.3.1.1 Volume de ar da amostragem de poeira respirável

O volume de ar amostrado segue padronização e deve ser de acordo com o método de análise que será empregado. Como exemplo, podemos citar o método de amostragem NIOSH 7500 (sílica cristalina) que se refere a um volume de, no mínimo, 400 litros e, no máximo, 1000 litros, para o método de análise por difração de raios X.

A análise por difração de raios X (XRD) é, normalmente, o método de análise mais preciso devido à sua sensibilidade, os seus requisitos mínimos para a preparação da amostra, e a sua capacidade para identificar os polimorfos (diferentes formas cristalinas) de sílica livre.

A sílica pode se apresentar nas formas quartzo, cristobalita, amorfa, tridimita.

Exercício 3.1

Calcule o tempo de amostragem para avaliação de poeira respirável com ciclone de *nylon* e de alumínio para uma amostragem de 400 litros.

Solução

Dados

Vazão para ciclone de *nylon* = 1,7 L/min

Volume a ser coletado = 400 L

$$\text{Vazão} = \frac{\text{Volume}}{\text{Tempo}} \rightarrow \text{Tempo} = \frac{\text{Volume}}{\text{Vazão}} \rightarrow \text{Tempo} = \frac{400\text{L}}{1,7 \text{ L/min}}$$

$$\text{Tempo} \cong 235,29\text{min} \cong 3 \text{ horas e } 55 \text{ minutos}$$

Dados

Vazão para ciclone de alumínio = 2,5 L/min

Volume a ser coletado = 400 L

$$\text{Vazão} = \frac{\text{Volume}}{\text{Tempo}} \rightarrow \text{Tempo} = \frac{\text{Volume}}{\text{Vazão}} \rightarrow \text{Tempo} = \frac{400\text{L}}{2,5 \text{ L/min}}$$
$$\text{Tempo} \cong 160\text{min} \cong 2 \text{ horas e } 40 \text{ minutos}$$

Observe que como a vazão para o ciclone de *nylon* é menor, será necessário um tempo maior para amostrar o volume mínimo.

3.3.1.2 Limite de tolerância para poeira respirável

A NR 15 (Portaria 3214/MTE) estabelece o limite de tolerância para poeira respirável em seu Anexo 12:

$$LT = \frac{8}{\% \text{ SiO}_2 + 2}$$

O teor de quartzo (SiO_2) deve ser obtido através da técnica de difração de raios X. O filtro pré-pesado é novamente pesado após a realização da amostragem com objetivo de estabelecer o peso da amostra coletada.

A ACGIH expressa o TLV para poeira respirável (quartzo ou cristobalita) em $0,025 \text{ mg/m}^3$ (TLVs®). Se formos aplicar para a jornada brasileira esse valor deve ser considerado como $0,022 \text{ mg/m}^3$. O critério da ACGIH baseia-se somente na concentração de quartzo presente na amostra (veja exemplo a seguir). Algumas organizações internacionais estabelecem para outros tipos de sílica a metade do valor calculado a partir da fórmula para quartzo respirável.

Amostras em branco (branco de campo) são necessárias para cada análise solicitada e para cada número de lote de meios de amostragem. A preparação do branco de campo segue os mesmos procedimentos realizados para uma amostra normal. Eles devem ser manuseados, armazenados e transportados da mesma forma que os outros meios de amostragem utilizados na amostragem de contaminantes do ar, com a exceção de que o ar não será aspirado através deles. Normalmente um branco de campo é suficiente para até 20 amostras para um dado período de análise.

Exercício 3.2

Verifique se a exposição à poeira respirável ultrapassa o limite de tolerância estabelecido pela NR 15.

Dados

Massa inicial = 12,0 mg

Massa final = 13,0 mg

Vazão inicial = 1,7 L/min

Vazão final = 1,64 L/min

Horário de início da amostragem = 13 horas

Horário final de amostragem = 17 horas e 30 minutos

% SiO₂ = 4 %

Solução

a) Cálculo da massa da amostra

Quando recebemos o cassete do laboratório ele já vem pré-pesado. Após a amostragem uma determinada quantidade de material ficará retida no filtro e seu valor será determinado pela diferença entre elas.

$$\begin{aligned} \text{Massa da amostra} &= \text{massa final} - \text{massa inicial} \\ \text{Massa da amostra} &= 13,0 \text{ mg} - 12,0 \text{ mg} \\ \text{Massa da amostra} &= 1,0 \text{ mg} \end{aligned}$$

b) Cálculo da vazão média

A vazão é regulada no início da amostragem segundo o método normatizado. Ao final da amostragem a vazão deve ser novamente verificada e a diferença entre elas não deve ser superior a 5 %.

$$\begin{aligned} \text{Vazão média} &= \frac{\text{vazão final} + \text{vazão inicial}}{2} \\ \text{Vazão média} &= \frac{1,70 \text{ l/min} + 1,64 \text{ l/min}}{2} \\ \text{Vazão média} &= 1,67 \text{ l/min} \end{aligned}$$

c) Cálculo do volume amostrado

O volume é determinado em função da vazão e do tempo de amostragem.

$$\text{Volume} = \text{vazão média} \times \text{tempo de amostragem}$$

$$\text{Volume} = 1,67 \text{ l/min} \times 270 \text{ min}$$

$$\text{Volume} = 450,9 \text{ litros}$$

Para fins de cálculo de concentração precisamos utilizar o volume em m^3 .

$$\text{Volume em m}^3 = \frac{\text{volume em litros}}{1000}$$

$$\text{Volume em m}^3 = \frac{450,9 \text{ litros}}{1000}$$

$$\text{Volume em m}^3 = 0,4509 \text{ m}^3$$

d) Cálculo da concentração

$$\text{Concentração} = \frac{\text{massa amostrada}}{\text{volume amostrado}}$$

$$\text{Concentração} = \frac{1,0 \text{ mg}}{0,4509 \text{ m}^3}$$

$$\text{Concentração} = 2,22 \text{ mg/m}^3$$

e) Cálculo do limite de tolerância

$$\text{LT} = \frac{8}{\% \text{ SiO}_2 + 2}$$

$$\text{LT} = \frac{8}{4 + 2}$$

$$\text{LT} = 1,33 \text{ mg/m}^3$$

f) Verificar a exposição pela NR 15

Como a concentração no ambiente amostrado ($2,22 \text{ mg/m}^3$) é superior ao limite de tolerância estabelecido ($1,33 \text{ mg/m}^3$), a exposição é insalubre.

g) Verificar a exposição pela ACGIH

O cálculo da concentração de sílica vai ser realizado da seguinte forma:

$$\text{Concentração} = \frac{\text{massa de quartzo ou sílica}}{\text{volume amostrado}}$$

$$\text{Concentração} = \frac{4 \% \text{ de } 1 \text{ mg}}{0,4509 \text{ m}^3}$$

$$\text{Concentração} = \frac{0,04 \text{ mg}}{0,4509 \text{ m}^3}$$

$$\text{Concentração} = 0,089 \text{ mg/m}^3$$

Como a concentração (0,089 mg/m³) é superior ao TLV estabelecido (0,022 mg/m³) a exposição está acima do limite permitido.

3.3.2 Avaliação de poeira total

Consideramos poeira total todas aquelas partículas que ficam retidas no trato respiratório superior mais aquelas que podem atingir o trato respiratório inferior.

Para a avaliação de poeira total serão necessários cassete, suportes de filtros, filtros, instrumentos capazes de coletar um determinado volume de ar padronizado (bombas de amostragem) e um calibrador de vazão.

Os cassetes são semelhantes aos usados para a coleta de poeira respirável. A coleta da amostra é feita **sem o emprego** do separador/seletor de partículas. Este método determina a concentração de poeira capaz de atingir o trato respiratório inferior, atingindo os alvéolos como também aquela fração que poderá ficar retida no trato respiratório superior (pelos nasais, cavidade nasal, traqueia e epitélio).

O método de amostragem consiste em captar o material particulado com uma bomba de aspiração, ligada diretamente ao filtro de PVC através de uma mangueira de silicone. O método de avaliação é a análise gravimétrica que consiste na dessecagem e pesagem inicial e final do filtro. O filtro possui um diâmetro de 37 mm.

Nesta amostragem utilizaremos as mesmas bombas e calibradores utilizados na avaliação de poeira respirável, e a calibração é semelhante, para tanto o conjunto cassete/filtro é inserido entre o calibrador e a bomba. Esta calibração deverá ser numa razão de 1,0 a 2,0 L/min (litros por minutos).



Figura 3.16: Calibração em amostragem de poeira total

Fonte: CTISM

3.3.2.1 Volume de ar da amostragem de poeira total

O volume de ar amostrado segue padronização e deve ser de acordo com o método de análise que será empregado.

A análise por difração de raios X (XRD) é, normalmente, o método de análise mais preciso devido à sua sensibilidade, os seus requisitos mínimos para a preparação da amostra, e a sua capacidade para identificar os polimorfos (diferentes formas cristalinas) de sílica livre.

A amostragem de poeira total para sílica está prevista na NR 15. Entidades internacionais como NIOSH e a ACGIH recomendam a avaliação em separado para a fração inalável, respirável e torácica. Portanto a coleta de particulado total deve ser utilizada somente quando não houver indicação específica para a coleta de particulado inalável, torácico ou respirável.

Exercício 3.3

Calcule o tempo de amostragem de avaliação de poeira total para uma amostragem de 400 litros e uma vazão de 1,5 L/min.

Solução

Dados

Vazão = 1,5 L/min

Volume a ser coletado = 400 L

$$\text{Vazão} = \frac{\text{Volume}}{\text{Tempo}} \rightarrow \text{Tempo} = \frac{\text{Volume}}{\text{Vazão}} \rightarrow \text{Tempo} = \frac{400\text{L}}{1,5 \text{ L/min}}$$
$$\text{Tempo} \cong 266,67 \text{ min} \cong 4 \text{ horas e } 27 \text{ minutos}$$

3.3.2.2 Limite de tolerância para poeira total

A NR 15 (Portaria 3214/MTE) estabelece o limite de tolerância para poeira respirável em seu Anexo 12:

$$LT = \frac{24}{\% \text{ SiO}_2 + 3}$$

O teor de quartzo SiO_2 deve ser obtido através da técnica de difração de raios X. O filtro pré-pesado é novamente pesado após a realização da amostragem com objetivo de estabelecer o peso da amostra coletada.

Exercício 3.4

Verifique se a exposição à poeira total ultrapassa o limite de tolerância estabelecido pela NR 15.

Dados

Massa inicial = 12,0mg
Massa final = 12,91 mg
Vazão inicial = 1,7 L/min
Vazão final = 1,68 L/min
Horário de início da amostragem = 14 horas
Horário final de amostragem = 16 horas e 10 minutos
 $\% \text{ SiO}_2 = 1,1 \%$

Solução

a) Cálculo da massa da amostra

Quando recebemos o cassete do laboratório ele já vem pré-pesado. Após a amostragem uma determinada quantidade de material ficará retida no filtro e seu valor será determinado pela diferença entre elas.

$$\begin{aligned} \text{Massa da amostra} &= \text{massa final} - \text{massa inicial} \\ \text{Massa da amostra} &= 12,91 \text{ mg} - 12,0 \text{ mg} \\ \text{Massa da amostra} &= 0,91 \text{ mg} \end{aligned}$$

b) Cálculo da vazão média

A vazão é regulada no início da amostragem segundo o método normatizado. Ao final da amostragem a vazão deve ser novamente verificada e a diferença entre elas não deve ser superior a 5 %.

$$\text{Vazão média} = \frac{\text{vazão final} + \text{vazão inicial}}{2}$$

$$\text{Vazão média} = \frac{1,70 \text{ l/min} + 1,68 \text{ l/min}}{2}$$

$$\text{Vazão média} = 1,69 \text{ l/min}$$

c) Cálculo do volume amostrado

O volume é determinado em função da vazão e do tempo de amostragem.

$$\text{Volume} = \text{vazão média} \times \text{tempo de amostragem}$$

$$\text{Volume} = 1,69 \text{ l/min} \times 130 \text{ min}$$

$$\text{Volume} = 219,7 \text{ litros}$$

Para fins de cálculo de concentração precisamos utilizar o volume em m³.

$$\text{Volume em m}^3 = \frac{\text{volume em litros}}{1000}$$

$$\text{Volume em m}^3 = \frac{219,7 \text{ litros}}{1000}$$

$$\text{Volume em m}^3 = 0,2197 \text{ m}^3$$

d) Cálculo da concentração

$$\text{Concentração} = \frac{\text{massa amostrada}}{\text{volume amostrado}}$$

$$\text{Concentração} = \frac{0,91 \text{ mg}}{0,2197 \text{ m}^3}$$

$$\text{Concentração} = 4,14 \text{ mg/m}^3$$

e) Cálculo do limite de tolerância

$$LT = \frac{24}{\% \text{ SiO}_2 + 3}$$

$$LT = \frac{24}{1,1 + 3}$$

$$LT = 5,85 \text{ mg/m}^3$$

f) Verificar a exposição

Como a concentração no ambiente amostrado ($4,14 \text{ mg/m}^3$) é inferior ao limite de tolerância estabelecido ($5,85 \text{ mg/m}^3$), a exposição não é insalubre.

3.3.3 Avaliação de poeira inalável e torácica

Poeira inalável é a fração de partículas com tamanhos de até $100 \mu\text{m}$ de diâmetro que é inalado pelo nariz e boca. Os trabalhadores de ambientes industriais podem estar expostos a essas partículas de poeira, que são biologicamente ativas e podem ser perigosas quando inaladas. A coleta e medição precisa destas partículas são essenciais para um ambiente de trabalho seguro. Para a NR 15 não existe uma diferenciação entre os materiais particulados, para efeito de definição dos limites de tolerância.

Os cassetes de 37 mm que coletam poeira respirável ainda são utilizados para coleta de poeira total (inalável + respirável), no entanto, eles subestimam a concentração de pó inalável. Partículas grandes de poeira, que são capazes de entrar no nariz e boca, podem não ser recolhidas devido:

- a) A abertura do cassete não capturar efetivamente partículas grandes.
- b) Partículas maiores ficarem aderidas às paredes do cassete de 37 mm .
- c) Perda de partículas quando o filtro é removido para a pesagem.

Como o cassete subestima significativamente partículas de 30 a $100 \mu\text{m}$, as normas recomendam a utilização dos amostradores IOM (*Institute of Occupational Medicine*) ou amostrador cônico. Estes amostradores são indicados pela NHO 08 (veja Quadro 3.3) e pela ACGIH para particulados inaláveis.

O amostrador IOM é um amostrador de plástico antiestático (ou aço inoxidável) que tem uma entrada de diâmetro de 15 mm que abriga um filtro de

PVC 25 mm. Este amostrador deve ser instalado na zona de respiração do trabalhador e conectado a uma bomba de amostragem (semelhante a adotada para poeira respirável), que mantenha uma vazão de 2 L/min durante todo o período de amostragem (observe o Quadro 3.3).

Este amostrador recolhe efetivamente as partículas de até 100 µm de diâmetro aerodinâmico, simulando a inalação pelo nariz e boca. Ao final da amostragem o cassete e o filtro (pré-pesados) são pesados novamente como uma unidade única, incluindo todas as partículas de pó que foram recolhidos durante a amostragem, tanto as do filtro, bem como as aderidas sobre as paredes internas do cassete. Pelo fato de o filtro e o cassete serem pesados juntos, todas as partículas coletadas (mesmo as maiores) são consideradas na análise. O cassete pode ser limpo, preenchido com outro filtro e reutilizado.



Figura 3.17: Amostrador IOM

Fonte: CTISM

Para calibrar o amostrador IOM será necessário utilizar (adquirir) um adaptador de calibração.

Outros exemplos de amostradores pessoais para poeira inalável são o amostrador de multi-orifícios *Button* e o amostrador cônico (CIS – *Conical Inhalable Sampler*).

O amostrador *Button* foi desenvolvido para minimizar os efeitos da velocidade e direção do vento na coleta do particulado.



Figura 3.18: Amostrador IOM na zona respiratória conectado a uma bomba de amostragem
Fonte: CTISM

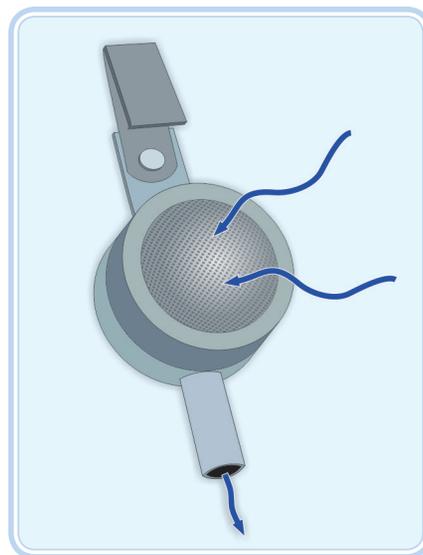


Figura 3.19: Amostrador *Button*
Fonte: CTISM

Para calibrar o amostrador *Button* será necessário utilizar (adquirir) um adaptador de calibração.



Existem ainda os impactadores que são projetados para a coleta de particulados de tamanhos específicos.



Para saber mais sobre
impact sampler, acesse:
[http://www.skinc.com/
prod/225-390.asp#downloads](http://www.skinc.com/prod/225-390.asp#downloads)

[http://www.skinc.com/
instructions/38010.pdf](http://www.skinc.com/instructions/38010.pdf)



Figura 3.20: Impactador

Fonte: CTISM

3.3.4 Avaliação de partículas insolúveis não especificadas de outra maneira

Denominadas na literatura internacional com PNOS (*particulates not other wise classified*) são, segundo a ACGIH, particulados insolúveis de baixa toxicidade que podem apresentar algum efeito adverso à saúde. Pertencem a esta classe os aerodispersóides que não contém asbesto, ou a sílica cristalina está abaixo de 1%. Como exemplo, podemos citar: carbonato de cálcio (calcário), fibra de celulose, cal, gesso, amido, etc.

O TLV-TWA para quando não existem TLVs específicos para o material particulado são: para partículas PNOS inaláveis 10 mg/m³ e o TLV-TWA para partículas PNOS respiráveis 3 mg/m³.

3.3.5 Limites de tolerância de alguns particulados na ACGIH

Os TLVs-TWA especificados para particulados na ACGIH trazem como índices as letras:

- **E** indicando que o valor apresentado vale para material particulado que não contenha asbesto e com teor de sílica menor que 1%.
- **I** indicando fração inalável.
- **R** fração respirável.

Exemplo 3.1

O Quadro 3.4 traz alguns exemplos de TLVs apresentados pela ACGIH.

Quadro 3.4: TLVs apresentados pela ACGIH

Substância	TLV TWA	LT (corrigido - 44 horas)	Observação
Cimento	1,0 mg/m ^{3(E,R)}	0,88 mg/m ³	Respirável
Negro de fumo*	3,0 mg/m ³⁽⁰⁾	2,64 mg/m ³	Inalável
Madeira	1,0 mg/m ³⁽⁰⁾	0,88 mg/m ³	Inalável
Farinha (poeira)	0,5 mg/m ³⁽⁰⁾	0,44 mg/m ³	Inalável
Calcário (PNOS)	10,0 mg/m ³⁽⁰⁾ 3,0 mg/m ^{3(R)}	8,80 mg/m ³ 2,64 mg/m ³	Inalável Respirável

*A avaliação ambiental para determinar a exposição para determinar a exposição ao negro de fumo deve ser feita através de medições "Média Ponderada de Tempo", com uma duração mínima de 360 minutos, na zona respiratória do trabalhador, usando-se para tal bomba de coleta de alto fluxo, calibrada a 2,0 L/min., filtro membrana de PVC de diâmetro circular de 37 milímetros e 5,0 micrômetros de porosidade e analisada por gravimetria. O limite de tolerância ao negro de fumo é de até 3,5 mg/m³ para uma jornada de até 48 (quarenta e oito) horas semanais de exposição (NR 15).

Fonte: ACGIH, 2010

3.3.6 Branco de campo

Para todas as avaliações citadas anteriormente é necessário o amostrador denominado branco de campo (metodologia OSHA, NIOSH e EPA). Este amostrador é idêntico a aqueles que serão usados para as amostras de campo, mas ele é aberto e fechado imediatamente sem exposição ao ar ou passagem de ar com auxílio de bombas.

A finalidade é de identificar uma possível contaminação nas etapas de acondicionamento, transporte, estocagem no laboratório e análise. O branco de campo é submetido à análise da mesma forma que as amostras e, em algumas metodologias, ele é obrigatório.

No caso da avaliação de particulados você simplesmente pegará um cassete fornecido, inverterá a posição dos tampões de referência e guardará o cassete que será posteriormente analisado pelo laboratório. Lembre-se que não deverá ser feita a passagem de ar pelo cassete.

3.3.7 Instrumentos de leitura direta e amostragem de área

Existem amostradores de leitura direta para avaliar as concentrações de poeira na área de trabalho. Estes dispositivos podem ser calibrados para poeira respirável (ou outras frações pré-definidas).

Entretanto, estes instrumentos não determinam o teor de sílica do pó coletado, mas medem apenas o pó de uma especificação de tamanho de partícula pré-definido.

Por causa de sua capacidade de leitura direta, estes equipamentos podem ser movimentados em uma determinada área para identificar pontos de exposição mais crítica ou mesmo fontes geradoras.



Para saber mais sobre NHO 04, acesse: <http://www.fundacentro.gov.br/dominios/ctn/anexos/Publicacao/NHO04.pdf>



Figura 3.21: Equipamento de leitura direta para poeiras

Fonte: CTISM

3.3.8 Avaliação de fibras

As fibras são estruturas com uma relação diâmetro/comprimento menor ou igual a 1/3, sendo as fibras respiráveis as de diâmetro menor que 3 micrômetros e de comprimento maior que 5 micrômetros.

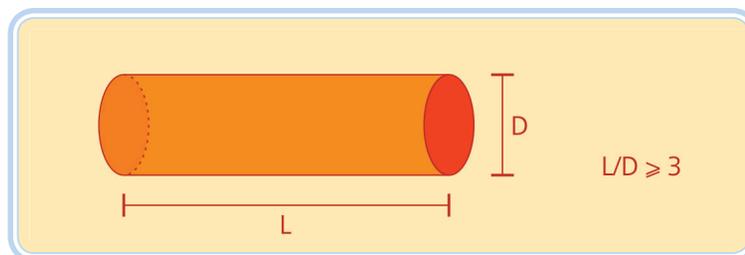


Figura 3.22: Fibra

Fonte: CTISM

As fibras incluem as não orgânicas, tais como, amianto/asbesto, fibras vítreas e fibras cerâmicas e as orgânicas, tais como, algodão, sisal, linho, etc.

A NR 15 em seu anexo estabelece que o limite de tolerância para fibras respiráveis de asbesto crisotila é de 2,0 f/cm³. A ACGIH estabelece um limite de 0,1 f/cm³.

A NHO 04 estabelece as metodologias para a avaliação de fibras não orgânicas.

Lembre-se

Da mesma forma que para a avaliação de poeiras a metodologia empregada (cassete, vazão, volume coletado, etc.) vai depender de normalização específica. Algumas podem exigir dispositivos especiais (elutriador vertical para poeiras de algodão). Quando do planejamento da avaliação é importante o estudo da literatura técnica, das normas e consultas a profissionais habilitados (higienistas ocupacionais) e laboratórios que fornecem os dispositivos de avaliação (cassetes, filtros, tubos, etc.) e que realizarão as análises laboratoriais.



3.3.9 Avaliação de fumos metálicos

Os fumos são produzidos, principalmente, nas operações de soldagem e nas operações que envolvam a fundição de metais. Nessas operações desprendem-se vapores e gases, que após resfriamento e condensação, oxidam-se rapidamente formando os fumos metálicos.

A composição desses fumos em processos de soldagem vai variar de acordo com o tipo de solda, o material que é soldado, corrente elétrica, temperatura e a constituição dos eletrodos.

A amostragem de fumos metálicos é realizada com o uso de cassete de éster de celulose de 37 mm de diâmetro e filtro de 0,8 microns de tamanho de poro. As poeiras metálicas ou fumos metálicos são coletados diretamente no filtro, como para poeira total. Para o procedimento de amostragem serão necessários: bomba de amostragem, calibrador e conjunto cassete/filtro (procedimento semelhante ao que é usado na coleta de poeira total).

A amostragem normalmente é feita sem separação de partículas, mas a ACGIH recomenda, para alguns fumos, a avaliação da fração respirável devendo-se, nesse caso, utilizar ciclone.

É necessária a análise do processo e a utilização de metodologias normalizadas para a escolha da vazão e volume mínimo.

Concomitante com as análises quantitativas deve-se acompanhar também a exposição a fumos metálicos com avaliações biológicas específicas (urina e sangue).



Para saber mais sobre fumos metálicos, acesse:
<http://www.infosolda.com.br/biblioteca-digital/livros-senai/higiene-e-seguranca/43-fumos-metalicos.html>



Da mesma forma que para outros contaminantes o fluxo de ar que passa pelo cassete e o volume coletado vai depender da norma empregada. Para a OSHA a vazão deve se situar entre 1,5 e 2,0 L/min e o volume coletado deve estar entre 480 a 960 litros (OSHA ID 121 em <https://www.osha.gov/dts/sltc/methods/inorganic/id121/id121.html>). A NIOSH determina os parâmetros de avaliação no método 7303, com volume variável para cada metal (<http://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/pdfs/7303.pdf>). A variação da vazão da bomba (antes e depois) deve ser inferior a 5 %.

A análise vai contemplar a presença de um ou mais elementos, tais como: chumbo, berílio, magnésio, cádmio, manganês, cromo, molibdênio, cobalto, níquel, cobre, vanádio, ferro, zinco, etc.

Em operações de soldagem com máscara a coleta de fumos de solda pode ser efetivada com a colocação do cassete dentro do capacete de soldagem para obter uma medição mais precisa da exposição. Se o cassete de 37 mm não couber no interior da máscara pode ser usado um cassete de 25 mm.



Figura 3.23: Amostrador dentro da máscara de soldagem

Fonte: CTISM

3.3.10 Limites de tolerância para fumos metálicos

Na avaliação de fumos metálicos devemos levar em consideração os efeitos independentes e os efeitos combinados. Para exemplificar vamos resolver um exercício.

Exemplo 3.2

Concentração de chumbo = 0,07 mg/m³ (LT do Pb = 0,1 mg/m³)

Concentração de manganês = 0,18 mg/m³ (LT do Mn = 0,2 mg/m³)

Se realizarmos uma simples comparação entre a concentração encontrada do chumbo e do manganês, com os respectivos limites de tolerância, verifica-se que nenhum dos dois foi ultrapassado.

Como normalmente estão presentes mais de um contaminante que têm efeitos toxicológicos similares, deve ser considerado o efeito combinado (quando as substâncias provocam danos em um mesmo órgão). Devemos avaliar segundo a equação:

$$\sum \frac{C_n}{LT} < 1$$

Onde: C_n = concentração

LT = limite de tolerância

Assim, no exemplo citado acima temos:

$$\sum \frac{C_n}{LT} = \frac{0,07}{0,1} + \frac{0,18}{0,2} = 1,6$$

Como:

$$\sum \frac{C_n}{LT} > 1$$

Conclui-se que o limite de tolerância foi ultrapassado.

A NR 15 apresenta limites de tolerância apenas para o chumbo e o manganês. Por esse motivo devemos utilizar os TLVs da ACGIH com a devida correção para a jornada.

Resumo

Nessa aula, pode-se aprender um pouco mais sobre os tipos de poeiras, os riscos da exposição, bem como sua avaliação. Aprendemos também sobre as fibras e os fumos metálicos, os riscos da exposição, bem como sua avaliação.



Atividades de aprendizagem

1. Designação dada às partículas suspensas no ar, de diâmetro aerodinâmico menor que 10 μm , capaz de penetrar além dos bronquíolos terminais e se depositar na região de troca de gases dos pulmões, causando graves efeitos adversos à saúde:

a) Respirável.

b) Inalável.

c) Torácica.

d) Total.

e) PNOS.

2. Designação dada às partículas para as quais ainda não se tem dados suficientes para demonstrar efeitos nocivos à saúde em concentrações geralmente encontradas no ar dos locais de trabalho, mas que não podem ser totalmente consideradas inertes:

a) Respirável.

b) Inalável.

c) Torácica.

d) Total.

e) PNOS

3. O amostrador utilizado para coleta de poeira respirável envolve um cassete de plástico com:

- a) Filtro de cloreto de polivinila (PVC) 37 milímetros poro de 5,0 micrômetros (μm).
- b) Filtro de éster de celulose (PVC) 37 milímetros poro de 5,0 micrômetros (μm).
- c) Filtro de cloreto de polivinila (PVC) 37 milímetros poro de 15,0 micrômetros (μm).
- d) Filtro de cloreto de polivinila (PVC) 87 milímetros poro de 5,0 micrômetros (μm).
- e) Filtro de éster de celulose (PVC) 87 milímetros poro de 5,0 micrômetros (μm).

4. O amostrador utilizado para coleta de poeira inalável:

- a) Cassete PVC 37 mm.
- b) Amostrador IOM.
- c) Ciclone de alumínio.
- d) Ciclone de *nylon*.
- e) Cassete de três secções.

5. Para avaliação de poeiras:

I - Na montagem dos cassetes para a amostragem a parte ranhurada sempre será conectada ao tubo da bomba de amostragem.

II - Não é necessária a especificação da vazão e do volume de amostragem, pois o mais importante é a quantidade de sílica coletada.

III - O sentido do fluxo no cassete não interfere no procedimento de coleta da poeira.

Está(ão) correta(s):

- a) I somente.
- b) III somente.

c) I e II somente.

d) II e III somente.

e) Todas estão corretas.

6. Com relação à avaliações de poeiras respiráveis com ciclone:

I - O ciclone é o dispositivo empregado para separar as partículas menores (respiráveis) e conduzi-las para a parte inferior do ciclone onde serão recolhidas em um recipiente acoplado.

II - Na avaliação com ciclone de alumínio deveremos adquirir um cassete (+ filtro), normalmente 37 mm, de três secções.

III - Em uma avaliação com ciclone de *nylon* podemos utilizar um cassete de três secções.

Está(ão) correta(s):

a) I somente.

b) III somente.

c) I e II somente.

d) II e III somente.

e) Todas estão corretas.

7. Dadas as afirmativas:

I - Quando se utiliza o ciclone de alumínio o fluxo ideal (vazão) a ser utilizada para a amostragem é de 2,5 L/min.

II - Quando se utiliza o ciclone de *nylon* de 10 mm o fluxo ideal (vazão) a ser utilizada para a amostragem é de 1,7 L/min.

III - A câmara de calibração do ciclone de alumínio pode ser empregada para a calibração do ciclone de *nylon*.

Está(ão) correta(s):

- a) I somente.
- b) II somente.
- c) I e II somente.
- d) II e III somente.
- e) Todas estão corretas.

8. Dadas as afirmativas:

I - Para a coleta de poeira total não é necessário o emprego do ciclone.

II - O volume de ar amostrado para poeira total segue padronização e deve estar de acordo com o método de análise que será empregado.

III - A NR 15 não especifica limite de tolerância para poeira total.

Está(ão) correta(s):

- a) I somente.
- b) II somente.
- c) I e II somente.
- d) II e III somente.
- e) Todas estão corretas.

9. Dadas as afirmativas:

I - Pouco antes e após a conclusão de cada amostragem, a bomba com todo o seu conjunto de amostragem deve ser calibrada.

II - Amostras em branco (branco de campo) são necessários para cada análise solicitada e para cada número de lote de meios de amostragem.

III - Brancos de campo seguem os mesmos procedimentos realizados para uma amostra normal, com a exceção de que o ar não será aspirado através deles.

Está(ão) correta(s):

- a) I somente.
- b) II somente.
- c) I e II somente.
- d) II e III somente.
- e) Todas estão corretas.

10. Dadas as afirmativas:

I - A amostragem de fumos metálicos é realizada com o uso de cassete de éster de celulose de 37 mm de diâmetro e filtro de 0,8 microns de tamanho de poro.

II - Opcionalmente poderemos utilizar, na amostragem de fumos, o amostrador IOM.

III - Concomitante com as análises quantitativas deve-se acompanhar também a exposição a fumos metálicos com avaliações biológicas específicas (urina e sangue).

Está(ão) correta(s):

- a) I somente.
- b) II somente.
- c) I e II somente.
- d) I e III somente.
- e) Todas estão corretas.

Aula 4 – Avaliação de gases e vapores

Objetivos

Conhecer os gases e vapores, os riscos da exposição, bem como sua avaliação.

4.1 Considerações iniciais

O termo gás é reservado para as substâncias que estão no estado gasoso em condições normais de temperatura e pressão, não tendo qualquer forma e que ocupam o espaço disponível para eles.

Os vapores são compostos no estado gasoso, os quais, sob condições normais de temperatura e pressão, estão no estado líquido.

Na avaliação e detecção de gases ou vapores podem ser utilizados equipamentos fixos (instalados no interior dos ambientes ocupacionais) e/ou os equipamentos portáteis (para avaliações ocupacionais da exposição dos trabalhadores).

A amostragem de gases e vapores pode ser feita por coleta de ar total, ou por separação dos contaminantes gasosos, através da retenção destes em meio sólido (adsorção) ou em meio líquido (absorção), ou ainda, por condensação destes gases e vapores.

Devido a grande diversidade de agentes químicos a metodologia de avaliação, ou seja, tipo de amostrador e amostragem, volume coletado, vazão e número de amostras vai depender do método normalizado e das características da exposição.

Para cada tipo de substância ou grupo devem-se consultar metodologias padronizadas (exemplo: metodologias NIOSH), que fornecem toda a metodologia de amostragem de campo (vazão, tempo de coleta, tipo de meio de retenção) e análise laboratorial.

Por esse motivo vamos apresentar a seguir os princípios básicos dos métodos de avaliação mais utilizados, sem fazer referência a um agente específico.



Para saber mais sobre metodologias NIOSH, acesse: <http://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/>



O sucesso da amostragem de gases e vapores vai depender do correto processo de coleta (estratégia de amostragem) e de análise. O profissional que realizar a amostragem deve seguir rigorosamente o método de amostragem escolhido, pois esse vai referenciar o processo de análise do contaminante a ser empregado pelo laboratório.



Para saber mais sobre resumo dos métodos, acesse: http://www.viron.com.br/pdf/higiene_ocupacional.pdf

Alguns laboratórios de higiene ocupacional disponibilizam resumos de métodos para serem consultados, para que o profissional que busca informações sobre determinado contaminante saiba quais os passos que deverá seguir caso decida monitorar uma determinada substância. O laboratório tem meios de indicar o elemento de captação (filtro, tubo absorvente, etc.) mais adequado à coleta pretendida, além de fornecer indicações do tempo mínimo e máximo de coleta, conservação de amostras, etc., o que pode inclusive determinar a escolha do equipamento.

4.2 Instrumentos de leitura direta

Vários equipamentos eletrônicos estão disponíveis para a avaliação direta da concentração dos contaminantes químicos. Vários princípios de detecção foram desenvolvidos e cada um deles é indicado para avaliação de um determinado produto.

Os principais princípios operacionais de detecção para leitura direta são: fusão, quimiluminescência, combustão, eletroquímica, espectrofotometria de infravermelho e fotoionização. Não vamos entrar em detalhes sobre o princípio de funcionamento, o importante é que o técnico em segurança do trabalho escolha o equipamento correto e estude as características operacionais e de detecção, pois, por exemplo, alguns não podem adentrar atmosferas explosivas.

4.3 Tubos colorimétricos

Consiste em um pequeno tubo de vidro hermeticamente selado, que contém em seu interior materiais sólidos granulados (carvão ativado, sílica gel, alumina) que são impregnados com uma substância química específica que irá reagir quando entrar em contato com um contaminante específico, ou com um grupo de contaminantes, produzindo uma mudança da coloração do material sólido granulado no interior do tubo (quando a amostragem começa a cor do reagente no tubo detector começará a mudar, ocorrendo um avanço da camada colorida) que poderá ser observada em uma escala graduada que vem impressa na parte externa dos tubos.

Para cada produto ou família de produtos existe um tubo específico.



Para efetuar o contato do contaminante com o reagente é necessário fazer passar pelo interior do tubo um volume padronizado de ar. A sucção desse ar é efetivada através do uso de uma bomba de fole ou de pistão.

É importante salientar que, quando utilizamos uma bomba aspiradora de determinado fabricante, devemos utilizar os tubos indicadores do mesmo fabricante, caso contrário, poderão acontecer erros na avaliação das concentrações.

A vantagem desse tipo de amostragem é a facilidade de operação, o baixo custo e a possibilidade do registro das concentrações mais altas e as mais baixas que ocorrem durante a jornada de trabalho. A desvantagem está na baixa precisão (erros de até 30 %).

Antes da realização das medições é essencial a leitura do guia de instruções de uso dos tubos reagentes para conhecer o volume a ser aspirado e as colorações finais a serem observadas após a reação, bem como saber as possíveis interferências de outras substâncias, da temperatura e da umidade.

Segundo a NR 15: “A avaliação das concentrações através de métodos de amostragem instantânea, de leitura direta ou não, deverá ser feita pelo menos em 10 (dez) amostragens, para cada ponto ao nível respiratório do trabalhador. Entre cada uma delas, deverá haver um intervalo de, no mínimo, 20 minutos”. O LT será considerado excedido quando a média aritmética das concentrações ultrapassar os valores fixados no Quadro nº 1 do Anexo 11 da NR 15.”

As amostragens por tubo colorimétrico são muito úteis quando se quer avaliar a concentração de substâncias que tenham “valor teto” ou para determinar o “valor máximo”. Elas não podem ser utilizados para avaliar a exposição do trabalhador.

Verifique sempre na “bula” do tubo colorimétrico (instruções fornecidos pelos fabricantes dos tubos) possíveis substâncias e suas interferências, validade, bem como correções para temperatura e umidade.



Existem ainda as fitas colorimétricas (a reação colorimétrica ocorre pelo contato com o poluente, cuja intensidade é lida em um leitor óptico) e os tubos colorimétricos de longo prazo (a reação acontece em longo prazo, por adsorção do produto ao longo da jornada, sem a passagem forçada do ar, ou seja, passiva). Para obter uma concentração ponderada, a mudança na leitura de cor é dividida pelo tempo de amostragem em horas.



Muitos vapores e gases, comumente presentes na atmosfera, reagem com as mesmas substâncias químicas ou apresentam propriedades físicas similares, podendo ocorrer falsas leituras, altas ou baixas, para a substância que está sendo amostrada.



Figura 4.1: Tubos colorimétricos

Fonte: CTISM

Na disciplina de Instrumentação, na última etapa do curso, aprenderemos mais sobre a utilização desses equipamentos e a metodologia de avaliação.

4.3.1 Equipamentos eletrônicos

Existem equipamentos de medição, baseados em princípios físico-químicos, que fornecem a leitura direta da concentração do agente químico no ambiente. A maioria deles registra a concentração em função do tempo o que vai permitir a verificação, além dos valores instantâneos, a avaliação da média ponderada no tempo.



Para cada tipo de agente (ou família) vai existir um medidor específico.

Como exemplos de equipamentos eletrônicos, podemos citar: os oxímetros, os explosímetros, os medidores de CO, H₂S, NH₃, entre outros. Alguns equipamentos denominados multigases realizam a leitura simultânea de até 4 gases.



Para saber mais sobre equipamentos eletrônicos, acesse:
https://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm_ii/otm_ii_3.html#direct-reading_instrumentation

As avaliações instantâneas fornecem informações sobre os valores máximos e para detectar as concentrações em determinadas tarefas do processo.

Os monitores de leitura direta são úteis na identificação de ambientes com deficiência de oxigênio ou oxigênio enriquecido, na identificação de ambientes Imediatamente Perigosos à Vida ou à Saúde (IPVS), para detectar níveis elevados de contaminantes do ar ou atmosferas inflamáveis e/ou explosivas.

Em ambientes onde exista risco de explosão o equipamento deverá ser do tipo intrinsecamente seguro, ou seja, com indicação clara para uso no tipo de atmosfera presente.



Figura 4.2: Equipamentos eletrônicos para avaliação de gases e vapores

Fonte: CTISM



Figura 4.3: Equipamento multigases

Fonte: CTISM

Da mesma forma que para os outros equipamentos é necessário a calibração de equipamento antes da realização das medições (vide aula sobre espaços confinados a seguir).

Na disciplina de Instrumentação, na última etapa do curso, aprenderemos mais sobre a utilização desses equipamentos e sua calibração.

4.4 Amostradores com análise em laboratório (indireto)

Para esses tipos de amostradores a concentração do agente no ambiente será avaliada por envio da amostra a um laboratório especializado.

4.4.1 Amostradores ativos

Na aula 01 observamos que nesse tipo de coletor um determinado volume de ar é forçado a passar pelo amostrador, utilizando-se uma bomba de amostragem (bomba gravimétrica). Não esqueça que a vazão e o volume a ser coletado são padronizados e devem ser consultadas as metodologias específicas para cada contaminante.

4.4.1.1 Tubo de carvão ativo ou sílica gel

Consiste em um tubo de vidro que tem em seu interior carvão ativado ou sílica gel e que é colocado na zona respiratória do trabalhador. O tubo é ligado a uma bomba de aspiração através de uma mangueira flexível. Essa bomba força o ar a passar pelo interior do tubo, ficando o contaminante retido pelo processo denominado adsorção. O carvão ativo é impregnado com substâncias apropriadas que reagem quimicamente com as moléculas dos gases e vapores, retendo os contaminantes em sua superfície porosa.

Os tubos de carvão ativo são mais indicados para a amostragem de vapores orgânicos em geral e os tubos de sílica gel para gases ácidos em geral.



Figura 4.4: Tubo de carvão ativo

Fonte: CTISM

Uma atenção redobrada deve ser dada a preparação das amostras para envio após a coleta, uma vez que, dependendo do produto e dos procedimentos (tempo, lacre, etc.), pode ocorrer a dessorção, ou seja, fuga de determinada quantidade do contaminante coletado pela demora na vedação das extremidades do tubo ou armazenamento dos mesmos.

Para cada série de amostras, um branco de campo deve ser fornecido.



4.4.1.2 Impinger

Consiste em um frasco de vidro onde será colocada uma solução adequada para a retenção do contaminante (solução absorvente). O *impinger* é conectado à bomba de aspiração através de uma mangueira flexível. A bomba forçará a passagem de um determinado volume de ar pela solução que reterá ou reagirá com o contaminante, absorvendo-o. Este meio é utilizado principalmente para amostragem de gases que são de difícil retenção em outros meios de coleta.

Para proteger a bomba de amostragem da aspiração indevida do líquido absorvente normalmente utilizamos em uma avaliação com *impinger* o *impinger trap*, que vai reter algum líquido que porventura passe para além do *impinger*.

As análises da concentração dos contaminantes são realizadas em laboratórios especializados.



Figura 4.5: *Impinger e impinger trap*

Fonte: CTISM

4.4.2 Amostradores passivos

Os amostradores passivos contêm em seu interior uma determinada quantidade de material adsorvente (geralmente carvão ativo). Esses amostradores são fixados na lapela do trabalhador (zona respiratória) e o processo de adsorção do contaminante se dá por difusão. Difusão é o fenômeno pelo qual um **soluto** no fluido passa de uma região de concentração mais alta para uma região de concentração mais baixa.



soluto
Substância que será adsorvida.

Ao final da jornada de trabalho (amostragem) o monitor é retirado e enviado para análise do conteúdo. Para verificar a possibilidade do uso do monitor passivo (existem para alguns tipos de produto) consulte os *sites* dos fabricantes.

Atenção redobrada deve ser dada a preparação das amostras para envio após a coleta, uma vez que, dependendo do produto e dos procedimentos (tempo, lacre, etc.), pode ocorrer a dessorção, ou seja, fuga de determinada quantidade do contaminante coletado pela demora na vedação do monitor passivo ou armazenamento inadequado dos mesmos. Para algumas substâncias, inclusive, a conservação das amostras retiradas deverá ser sob refrigeração.

Algumas restrições ao uso de monitores passivos podem existir quando se amostra áreas de alta umidade, temperatura e velocidade do ar. Para esses ambientes a estratégia de avaliação deve ser cuidadosamente planejada para produzir resultados aceitáveis.

Os monitores passivos são fornecidos em embalagens lacradas que devem ser abertas somente pouco antes da amostragem.



Figura 4.6: Amostrador passivo

Fonte: CTISM

4.4.3 Coleta de ar total

Este meio é utilizado principalmente para amostragem de gases que são de difícil retenção em outros meios de coleta.

A coleta é realizada através de **bolsas** ou "**bags**", onde uma quantidade determinada de ar contendo o contaminante é coletada. A coleta do ar normalmente é realizada através de uma bomba de amostragem motorizada

ou com bombas manuais com volume/vazão conhecidas. O resultado é obtido com base na massa de contaminante encontrada na análise da mistura e do volume de ar retirado da bolsa. Essa análise é realizada em laboratório.

Resumo

Nessa aula aprendemos sobre equipamentos e metodologias para avaliação de gases e vapores. Visualizamos equipamentos de leitura direta e indireta, com amostragem passiva e ativa, bem como a coleta de contaminantes por coleta de ar total.

Atividades de aprendizagem



1. Na amostragem de gases por separação dos contaminantes gasosos podemos realizá-la com retenção destes em meio sólido ou em meio líquido. Estes dois métodos são denominados, respectivamente:
 - a) Adsorção e absorção.
 - b) Absorção e adsorção.
 - c) Aspiração e expiração.
 - d) Oxidação e redução.
 - e) Redução e oxidação.
2. Coletor onde um determinado volume de ar é forçado a passar pelo amostrador, denomina-se:
 - a) Ativo.
 - b) Passivo.
 - c) Forçado.
 - d) Aerado.
 - e) Ventilado.

3. O fenômeno da fuga de determinada quantidade do contaminante coletado pela demora na vedação das extremidades do tubo ou armazenamento dos mesmos, denominamos:

a) Dessorção.

b) Absorção.

c) Adsorção.

d) Oxidação.

e) Difusão.

4. Ao frasco de vidro onde será colocada uma solução adequada para a retenção do contaminante (solução absorvente), denominamos:

a) Cassete.

b) Amostrador IOM.

c) *Impinger*.

d) Ciclone.

e) Tubo carvão ativo.

5. Na amostragem com tubos colorimétricos:

I - Para cada produto ou família de produtos existe um tubo específico.

II - Para efetuar o contato do contaminante com o reagente é necessário fazer passar pelo interior do tubo um volume padronizado de ar.

III - As amostragens por tubo colorimétrico são muito úteis quando se quer avaliar a concentração de substâncias que tenham média ponderada.

Está(ão) correta(s):

a) I somente.

- b)** III somente.
- c)** I e II somente.
- d)** II e III somente.
- e)** Todas estão corretas.

6. Com relação a avaliações de gases e vapores:

I - Os equipamentos eletrônicos fornecem a leitura direta da concentração do agente químico no ambiente.

II - Os monitores de leitura direta são úteis na identificação de ambientes com deficiência de oxigênio ou oxigênio enriquecido, na identificação de ambientes Imediatamente Perigosos à Vida ou à Saúde (IPVS), para detectar níveis elevados de contaminantes do ar ou atmosferas inflamáveis e/ou explosivas.

III - Na utilização de equipamentos eletrônicos para amostragem de gases e vapores é necessário a calibração de equipamento antes da realização das medições.

Está(ão) correta(s):

- a)** I somente.
- b)** III somente.
- c)** I e II somente.
- d)** II e III somente.
- e)** Todas estão corretas.

7. Princípio de retenção do contaminante nos amostradores passivos:

- a)** Dessorção.
- b)** Absorção.
- c)** Adsorção.

- d)** Oxidação.
 - e)** Difusão.
- 8.** Tipo de amostragem onde a coleta é realizada através de bolsas ou “bags”, onde uma quantidade determinada de ar contendo o contaminante é coletada:
- a)** Colorimétrica.
 - b)** Por difusão.
 - c)** Ar total.
 - d)** Separação do contaminante.
 - e)** Passiva.

Aula 5 – Trabalho em espaços confinados

Objetivos

Aprender como se avalia a atmosfera de um espaço confinado, as condições para permitir o ingresso e as medidas de sinalização, controle e fiscalização necessárias.

5.1 Objetivo

Nesta aula você vai aprender como estão definidos os espaços confinados e os tipos de ambiente de trabalho que podem oferecer aos trabalhadores presentes em seu interior condições de risco respiratório, devido à exposição imediata ou prolongada a substâncias nocivas à saúde, assim como, aquelas que também podem contribuir para incêndio ou explosão.

5.2 Definição

Tanto em normas nacionais quanto as internacionais, podemos encontrar diversas definições sobre espaços confinados, entretanto, há bastante semelhança entre elas, pois abordam nas descrições do espaço confinado a característica da geometria, do acesso e da sua atmosfera interna. Na Figura 5.1 você pode visualizar um exemplo de espaço com estas características.

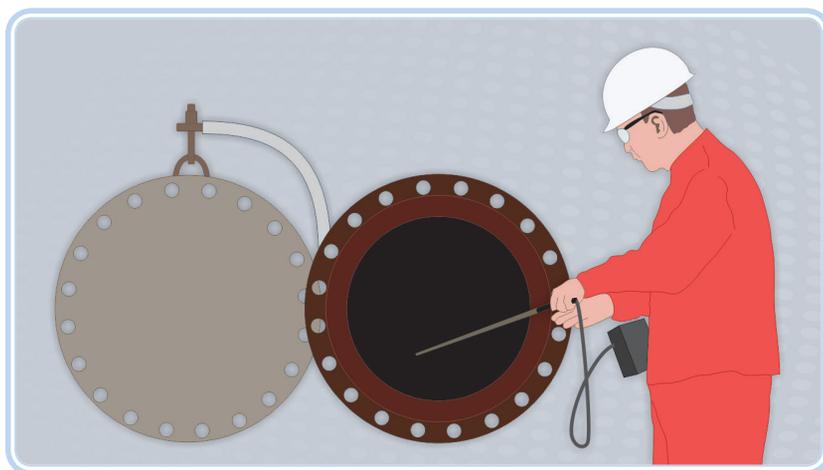


Figura 5.1: Espaço confinado, hermeticamente fechado com acesso difícil

Fonte: CTISM

Na legislação brasileira, dada pela norma regulamentadora nº 33 (Segurança e Saúde nos Trabalhos em Espaços Confinados), espaço confinado é aquele que é composto por área ou ambiente cujo projeto não foi feito para que houvesse uma exposição humana contínua, possuindo meios limitados de entrada e saída, com ventilação existente insuficiente para remoção de contaminantes ou onde possa existir deficiência ou enriquecimento de oxigênio.

Pela norma técnica ABNT NBR 14787, os espaços confinados podem ser definidos como qualquer área que não tenha sido projetada para ocupação humana contínua, apresentando meios de entrada e saída na qual a ventilação existente é insuficiente para remover contaminantes perigosos, podendo ou não estar junto com os contaminantes, a deficiência ou enriquecimento de oxigênio que possa existir ou desenvolver (ABNT NBR 14787, 2001, p.3).

O NIOSH (*National Institute for Occupational Safety and Health*) define os espaços confinados como um espaço que apresenta passagens limitadas de entrada e saída, com ventilação natural deficiente que contém ou produz perigosos contaminantes do ar e que não é destinado para ocupação humana contínua (NIOSH, 1987, p. 5). Este classifica os espaços confinados em três classes:

Espaços Classe A – são aqueles que apresentam situações que são IPVS (Imediatamente Perigoso para a Vida e à Saúde). Incluem os espaços que têm deficiência em oxigênio (O₂) ou contêm explosivos, inflamáveis ou atmosferas tóxicas.

Este tipo de espaço apresenta como característica ser imediatamente perigoso para a vida do trabalhador, sendo necessário para a realização de tarefas um requerimento por escrito, onde constam procedimentos de resgate com mais de um trabalhador completamente equipado com equipamento de ar comprimido ou que possa ser enviado. Os equipamentos de proteção respiratória devem estar à disposição para que possam ser utilizados no interior do espaço confinado e para serem utilizados em situação emergencial.

Como medida de monitoramento, deve ser mantida a comunicação necessária com o trabalhador que está dentro do ambiente confinado e um vigia adicional fora deste espaço, podendo ser feita por aparelhos de rádio.

Além disso, o nível de concentração de oxigênio no interior do espaço confinado monitorado deve estar abaixo de 16 % (em volume) ou acima de 25 % (em

volume). Por isso é necessário muito cuidado, a entrada só poderá ser feita com a proteção respiratória e a ventilação sendo fornecida ao trabalhador.

Caso haja um gás ou vapor for inflamável este deverá apresentar uma concentração de 20 % ou mais do **Limite Inferior de Explosividade** (LIE).

Um gás ou vapor que tenha a concentração abaixo do limite inferior de explosividade não entra em combustão. Esta condição é chamada de “mistura pobre”. Um espaço confinado é um ambiente propício para uma explosão, pois acelera a reação de combustão.

Limites de inflamabilidade de gases ou vapores combustíveis			
0 %	LII	LSI	100 %
Concentração (% em volume)	Mistura pobre Não ocorre combustão	Mistura ideal Pode ocorrer combustão	Mistura rica Não ocorre combustão
Exemplos de LII e LSI para alguns produtos			
Produto	LII (% em volume)	LSI (% em volume)	
Acetileno	2,5	80,0	
Benzeno	1,3	7,9	
Etanol	3,3	19,0	

Figura 5.2: Limites de inflamabilidade e exemplos

Fonte: CTISM

Caracteriza-se também como espaços Classe A aqueles que contenham gases ou vapores que apresentam concentração acima do nível IDLH (*Immediately Dangerous to Life and Health*). Esta concentração é publicada pela NIOSH, onde no Brasil após tradução, este nível é conhecido por IPVS (Imediatamente Perigoso para a Vida e à Saúde) sendo considerada como aquela a qual o contaminante se caracteriza como perigosa para vida e a saúde, referindo-se a uma exposição respiratória aguda em que se supõe ameaça direta de morte ou consequências adversas irreversíveis à saúde, seja instantânea ou retardada, ou então exposições agudas aos olhos que possam impedir a fuga. Este nível de concentração também se refere a um nível máximo de uma exposição que, durante 30 minutos, um trabalhador pode escapar, na eventualidade de seu respirador falhar, sem a perda de vida ou ocorrência de efeito irreversível à saúde, seja de forma imediata ou retardada.

A-Z

Limite Inferior de Explosividade

Este também é conhecido como limite inferior de inflamabilidade. Este é um nível ou valor de uma concentração mínima do gás ou vapor que ao ser misturado com o ar atmosférico durante um vazamento ou liberação acidental tem condições de reagir (combustão) quando a mistura gás/vapor + ar entra em contato com uma fonte de ignição (por exemplo, uma faísca).



Para saber mais sobre CDC, acesse: <http://www.cdc.gov/niosh/idlh/intridl4.html>



Assista a um vídeo sobre
Fundacentro – Espaço
confinado em:
[http://www.youtube.com/
watch?v=HxUyUcapCtg](http://www.youtube.com/watch?v=HxUyUcapCtg)

Segurança em espaços
confinados – vídeo educacional:
[http://www.youtube.com/
watch?v=TEKTj671oWQ](http://www.youtube.com/watch?v=TEKTj671oWQ)

Espaços Classe B – estes não apresentam perigo para a vida ou a saúde, mas têm o potencial para causar lesões ou doenças se medidas de proteção não forem usadas.

Em outras palavras, este pode ser considerado perigoso, entretanto, não diretamente ameaçador. Requer um procedimento de resgate com um indivíduo completamente equipado com equipamento de proteção respiratória de ar mandado, assim como, visualização indireta ou comunicação frequente com os trabalhadores.

O teor de oxigênio (O₂) presente é da faixa de 16,1 % a 19,4 % em volume (pressão parcial de 122 mmHg – 149 mmHg) ou 21,5 % a 25 % (163 mmHg – 190 mmHg). Além disso, o nível de inflamabilidade para atender o espaço B deve estar entre 10 % a 19 % em volume do limite inferior de inflamabilidade e toxicidade com concentração menor que o nível considerado IPVS.

Espaços Classe C – são aqueles em que os riscos existentes são insignificantes, não requerendo procedimentos ou práticas especiais de trabalho. Ou seja, os riscos podem ser somente considerados em potencial não requerendo procedimentos de trabalho ou procedimento de resgate padrão.



Assista a um vídeo sobre OSHA
– Espaço confinado:
[http://www.youtube.com/
watch?v=aqIkRfwaPNQ](http://www.youtube.com/watch?v=aqIkRfwaPNQ)

Outra definição pode ser encontrada na Oregon OSHA (*Occupational Safety and Health Division*), órgão norte-americano do estado de Oregon responsável pela fiscalização da segurança e da saúde no trabalho, que considera espaço confinado aquele que é grande o suficiente onde o trabalhador pode executar o seu trabalho, com uma configuração geométrica que permite a entrada completa dele no interior do ambiente. Entretanto, apresenta meios limitados de entrada e saída, não sendo projeto para ocupação humana contínua.

Seja qual for a fonte da informação que você esteja consultando sobre definição de espaços confinados, sempre vamos encontrar nas definições uma abordagem as condições de acesso difícil, geometria hermética e atmosfera perigosa.

5.3 Onde estão os espaços confinados?

Por algumas vezes, você deve ter se deparado com espaços confinados, visitando ou trabalhando em uma empresa, por exemplo, e não ter se dado conta de que aquele ambiente é uma grande fonte de riscos para ocorrência de acidentes.

Você pode encontrar os espaços confinados nas indústrias químicas e petroquímicas, alimentos, fabricação da borracha e têxtil, na indústria produtora de celulose e da fabricação de papel, na construção civil, serviços envolvendo eletricidade, serviços de envio de água e tratamento de esgoto, no beneficiamento de minérios, siderúrgicas, fazendas e na agroindústria.

Nos lugares mencionados acima, você vai encontrar os espaços confinados construídos na forma de silos, biodigestores, galerias de esgoto, túneis, tubulações, tubulões para construção, silos, tanque de armazenamento ou reservatórios, valas, etc.

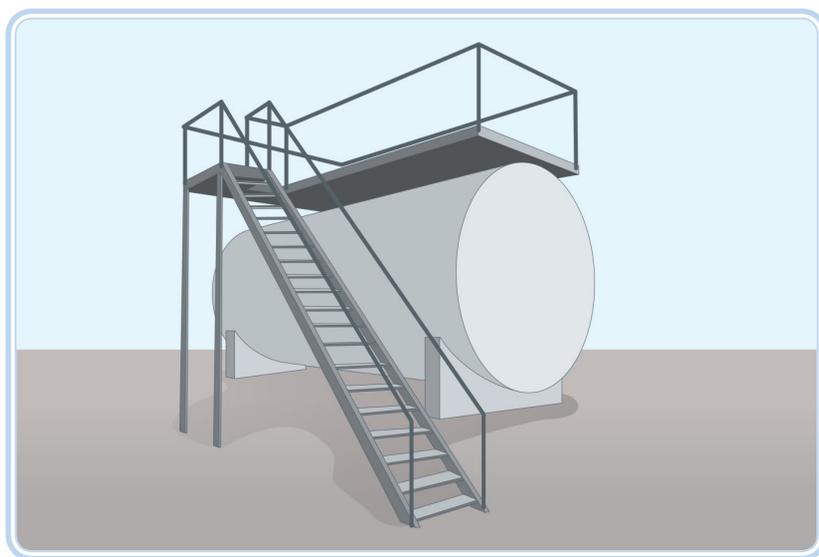


Figura 5.3: Exemplo de espaço confinado: tanque de armazenamento

Fonte: CTISM

5.4 Riscos envolvendo espaços confinados

As situações de perigo onde envolvem riscos de acidentes nos trabalhos em espaços confinados basicamente dividem-se em duas partes: os perigos atmosféricos e perigos físicos ou gerais.

Os perigos atmosféricos podem afetar o ambiente interno do espaço confinado podendo acarretar a morte do trabalhador, assim como, ocasionar um problema súbito como um desmaio ou inconsciência. Além disso, pode comprometer uma possível fuga em uma situação de emergência. Os perigos atmosféricos típicos são:

- Atmosfera corrosiva resultante de processos industriais as quais são produzidas por reações químicas ou biológicas. Em alguns casos, de acordo com propriedades das substâncias que ocupam o espaço e de sua quan-

tidade, podem causar danos a pele ou aos olhos, não necessariamente de forma imediata, porém, não descartando a possibilidade de um efeito carcinogênico a uma exposição prolongada.

- Líquidos e gases inflamáveis, como o acetileno, o propano, o butano, o GLP (Gás Liquefeito de Petróleo), a gasolina e os alcoóis. Estes produtos quando confinados e em mistura com o oxigênio do ar podem produzir uma explosão. Podemos incluir também os grãos, os fertilizantes à base de nitratos e produtos químicos aplicados no solo que produzem pós-combustíveis.
- Procedimentos industriais com o uso de gases inertes (como o nitrogênio, argônio, dióxido de carbono, etc.) para remoção do oxigênio (O₂) do ar tornando o espaço confinado com deficiência de O₂. Existem processos industriais que podem ocasionar a deficiência de O₂ como soldagens, operações de corte e reações químicas e biológicas, como por exemplo, a oxidação do aço (ferrugem) e fermentação. No Quadro 5.1, você tem a oportunidade de acompanhar os sintomas que um trabalhador não protegido pode apresentar caso esteja submetido a um local com deficiência de O₂.

Quadro 5.1: Informação sobre teores de oxigênio	
% de O ₂ (em volume)	Informações sobre efeitos à saúde e de aceitação das normas
23,5	Considerada atmosfera enriquecida com O ₂ pela OSHA.
19,5	Teor considerado mínimo aceitável conforme OSHA.
18	Teor considerado mínimo de acordo com a NR 15, em seu Anexo 11.
18 a 16	Início de sintomas que comprometem à saúde. Capacidade motora e execução de trabalhos pesados são afetadas.
16 a 14	Capacidade de julgamento e de respiração são prejudicadas. Começa a aumentar a taxa de respiração.
14 a 10	Fadiga rápida. Aumento da taxa de respiração e os lábios começam a ficarem com aspecto azulado. Falhas de julgamento.
10 a 6	O corpo passa a ter sensação de desmaio. Náuseas e vômitos. Exposição acima de 5 minutos apresenta probabilidade de óbito.
6 ou menor	Apresentação de um estado de coma e morte ocorrendo em segundos.

Fonte: Adaptado de TORLONI, 2003 e NIOSH, 1987

- Atmosferas com excesso de oxigênio, com teor acima de 23 % em volume, aumentam os riscos de incêndio em espaços confinados assim como de aumentar a capacidade de ocorrer explosões.
- A formação de atmosferas perigosas por exposição de contaminantes no ar que podem ser liberados por meio de processos de fabricação, atividades de trabalho e materiais ou substâncias armazenadas. Estas enquadram-se as poeiras, vapores e gases tóxicos, principalmente, quando estes produtos encontram-se em concentrações próximas do IPVS.

Os perigos gerais são aqueles que apresentam riscos adicionais a um espaço confinado, entre eles, os riscos físicos que foram estudados na disciplina de Higiene Ocupacional I como ruído, vibrações, radiações (quando envolvem soldagens por arco elétrico), superfícies escorregadias, temperaturas extremas. Assim como, problemas de acesso ao ambiente, queda de objetos, materiais que possam prender ou soterrar uma pessoa (engolfamento), riscos elétricos e mecânicos.

5.5 Procedimentos de segurança

Agora que você já aprendeu conceitos a respeito de espaços confinados, podemos mostrar os procedimentos básicos de segurança que devem ser adotados para o trabalhador poder adentrar neste ambiente a fim de que possa desempenhar suas atividades com qualidade e segurança.

Para desempenhar qualquer atividade é necessário que você como técnico em segurança do trabalho, oriente a sua empresa que existem normas técnicas que devem ser seguidas, como por exemplo, a NBR 14787, que aborda a prevenção de acidentes, procedimentos e medidas de controle para espaços confinados e a Norma Regulamentadora nº 33 (NR 33 – Segurança e saúde nos trabalhos em espaços confinados). Informe aos trabalhadores e aos empregadores, as suas responsabilidades perante o descumprimento das normas.

Havendo ainda alguma dúvida de como identificar tecnicamente se um ambiente específico é um espaço confinado, podemos seguir um guia desenvolvido pela OSHA, que através de três perguntas, nos ajuda a avaliar se este ambiente é de fato um espaço confinado. As questões são:

- O espaço é grande o suficiente para o trabalhador entrar e executar completamente o seu trabalho?
- Há limitação significativa para entrar e sair e que dificulte uma fuga?
- Este espaço não está desenhado para ocupação humana contínua, inadequado para ocupação em condição normal de trabalho e não oferece condições de segurança e de saúde adequada?

Se para as questões acima todas as respostas forem do tipo “SIM”, o ambiente é considerado espaço confinado. Se assim for constatado, deve ser organizado e seguido um procedimento para a entrada do trabalhador de forma segura.



Para saber mais sobre NR 33 Segurança e saúde nos trabalhos em espaços confinados, acesse: [http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C816A39E4F614013A0CC54B5B4E31/NR-33%20\(Atualizada%202012\).pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C816A39E4F614013A0CC54B5B4E31/NR-33%20(Atualizada%202012).pdf)

Através do uso de fitas e cones de segurança faça o isolamento do local onde se encontra o espaço confinado e próximo da entrada, sendo colocada sinalização específica “espaço confinado identificado”, exigido por norma regulamentadora (NR 33), que informa a proibição da entrada e do risco de morte.



Figura 5.4:Sinalização de espaço confinado identificado

Fonte: BRASIL, 2006

Após a identificação, procure saber se existem os perigos atmosféricos e gerais já apresentados, especificando-os, tornando a empresa e os trabalhadores cientes dos riscos envolvidos.

Apresentando os riscos relacionados aos perigos atmosféricos e gerais que não podem ser controlados ou eliminados, os trabalhadores só poderão executar seus serviços no interior do espaço confinado através de uma solicitação por escrito, cuja finalidade é uma permissão para entrada e trabalho, que deve ser preenchida pelo supervisor de entrada.

Esta permissão é conhecida como “PET”. Um formulário onde serão informados, por meio de medidores eletrônicos, os níveis atmosféricos como teor de oxigênio, a explosividade e concentração do agente tóxico, por exemplo, bem como equipamentos que ofereçam a proteção individual tanto para a tarefa a ser desenvolvida quanto para uma situação de emergência, para executar os serviços no espaço de forma segura e de resgate. Sendo atendidos todos os requisitos para uma entrada segura, a permissão é concedida e o trabalho pode ser executado. Além do preenchimento, o supervisor de entrada tem a função de conferir se os testes atmosféricos estão dentro de faixas seguras de operação e da existência dos equipamentos de proteção exigidos na permissão.

Após a sinalização e antes de ser feita a entrada, o supervisor de entrada prepara a PET, devendo conter no mínimo as informações a seguir, conforme a NR 33.

Caráter informativo para elaboração da Permissão de Entrada e Trabalho em Espaço Confinado	
Nome da empresa:	
Local do espaço confinado:	Espaço confinado n.º:
Data e horário da emissão:	Data e horário do término:
Trabalho a ser realizado:	
Trabalhadores autorizados:	
Vigia:	Equipe de resgate:

Figura 5.5: Tabela 1 – Anexo I (NR 33), parte informativa da permissão

Fonte: BRASIL, 2006

Na parte mostrada a você na Figura acima, o supervisor faz o preenchimento de dados de identificação da empresa e do espaço confinado, informando os trabalhadores e o trabalho que será feito. Inclusive, colocando o próprio nome e o do vigia nos seus respectivos campos.

Na Figura 5.6, o supervisor segue o preenchimento e nos campos numerados ele assinalando inicialmente se existe a presença de isolamento (marcando na letra “S”, caso for positivo). Logo abaixo deste campo, este realiza os testes atmosféricos com o uso de equipamentos detectores como o teor de oxigênio presente no interior do espaço confinado, concentração dos gases e vapores tóxicos e inflamáveis na posição indicada com a seta vermelha na Figura 5.6. Deve ser informada a disponibilidade de sistemas de bloqueio, travamento, etiquetagem, **purga** e equipamentos de para ventilação ou exaustão.

Procedimentos que devem ser completados antes da entrada			
1. Isolamento		S ()	N ()
2. Teste inicial da atmosfera: horário _____			
Oxigênio			% O2
Inflamáveis			% LIE
Gases/vapores tóxicos			ppm
Poeiras/fumos/névoas tóxicas			mg/m ³
Nome legível / assinatura do Supervisor dos testes:			
3. Bloqueios, travamento e etiquetagem	N/A ()	S ()	N ()
4. Purga e/ou lavagem	N/A ()	S ()	N ()
5. Ventilação/exaustão – tipo, equipamento e tempo	N/A ()	S ()	N ()
6. Teste após ventilação e isolamento: horário _____			
Oxigênio		% O2	> 19,5% ou < 23,0 %
Inflamáveis		%LIE	< 10%
Gases/vapores tóxicos			ppm
Poeiras/fumos/névoas tóxicas			mg/m ³
Nome legível / assinatura do Supervisor dos testes:			

Figura 5.6: Tabela 2 – Anexo I (NR 33): procedimentos a serem atendidos antes da entrada

Fonte: BRASIL, 2006

Os testes atmosféricos devem ser realizados pelo supervisor no lado externo do espaço confinados, sendo necessário medir novamente caso se tenha instalado ventilação para o interior do espaço e os níveis detectados inseridos na PET, seta de cor verde na Figura 5.6. Os campos onde se tem na permissão o termo “N/A”, significa que a informação verificada não se aplica para a atividade.

Nunca utilize oxigênio puro para ventilar espaços confinados. Conforme já mencionado, aumenta-se os riscos de incêndio e de explosão.

A-Z

purga

Consiste num método de expurga, ou seja, uma substituição ou limpeza para remoção de gases ou vapores considerados tóxicos ou inflamáveis presentes em um determinado sistema (espaço confinado, por exemplo), resultando em um ambiente com ar mais limpo e seguro ou então, inerte.



O espaço confinado cujo ambiente apresenta uma condição em potencial para riscos de incêndio e explosão é denominado de área classificada.



Figura 5.7: Teste atmosférico

Fonte: CTISM

Na Figura 5.8, tem-se a parte restante de uma permissão de entrada, a qual solicita a informação se a equipe de trabalho e a empresa disponibilizam para o serviço equipamentos que podem oferecer ao trabalhador melhores condições de conforto e segurança para desenvolver suas atividades. Entre outros, aqueles que facilitam a entrada e a saída do ambiente assim como o resgate em situações de emergência.

7. Iluminação geral	N/A ()	S ()	N ()
8. Procedimentos de comunicação:	N/A ()	S ()	N ()
9. Procedimentos de resgate:	N/A ()	S ()	N ()
10. Procedimentos e proteção de movimentação vertical:	N/A ()	S ()	N ()
11. Treinamento de todos os trabalhadores? É atual?		S ()	N ()
12. Equipamentos:			
13. Equipamento de monitoramento contínuo de gases aprovados e certificados por um Organismo de Certificação Credenciado (OCC) pelo INMETRO para trabalho em áreas potencialmente explosivas de leitura direta com alarmes em condições:		S ()	N ()
Lanternas	N/A ()	S ()	N ()
Roupa de proteção	N/A ()	S ()	N ()
Extintores de incêndio	N/A ()	S ()	N ()
Capacetes, botas, luvas	N/A ()	S ()	N ()
Equipamentos de proteção respiratória/autônomo ou sistema de ar mandado com cilindro de escape	N/A ()	S ()	N ()
Cinturão de segurança e linhas de vida para os trabalhadores autorizado		S ()	N ()
Cinturão de segurança e linhas de vida para a equipe de resgate	N/A ()	S ()	N ()
Escada	N/A ()	S ()	N ()
Equipamentos de movimentação vertical/suportes externos	N/A ()	S ()	N ()
Equipamentos de comunicação eletrônica aprovados e certificados por um Organismo de Certificação Credenciado (OCC) pelo INMETRO para trabalho em áreas potencialmente explosivas	N/A ()	S ()	N ()
Equipamento de proteção respiratória autônomo ou sistema de ar mandado com cilindro de escape para a equipe de resgate		S ()	N ()
Equipamentos elétricos e eletrônicos aprovados e certificados por um Organismo de Certificação Credenciado (OCC) pelo INMETRO para trabalho em áreas potencialmente explosivas	N/A ()	S ()	N ()

Figura 5.8: Tabela 3 – Anexo I (NR 33): outros procedimentos

Fonte: BRASIL, 2006

Em trabalhos onde envolvem operações de resgate em espaços confinados, os procedimentos contidos na permissão de entrada e trabalho devem seguidos e a PET preenchida.



Após o preenchimento, o supervisor deve conferir se todos os campos foram informados com “SIM”, autorizando, somente depois, da permissão de entrada. Se, caso em algum momento dos campos for assinalado “**não**”, o trabalho não é autorizado e a entrada do trabalhador não poderá ser permitida.

Entre os equipamentos de proteção utilizados em trabalhos de espaço confinado, merecem destaque os que oferecem proteção respiratória com máscara autônoma com cilindro de ar mandado (já vistos por você na disciplina do curso de Segurança do Trabalho II), o tripé, cinturões de segurança e aparelhos de rádio e de iluminação artificial.

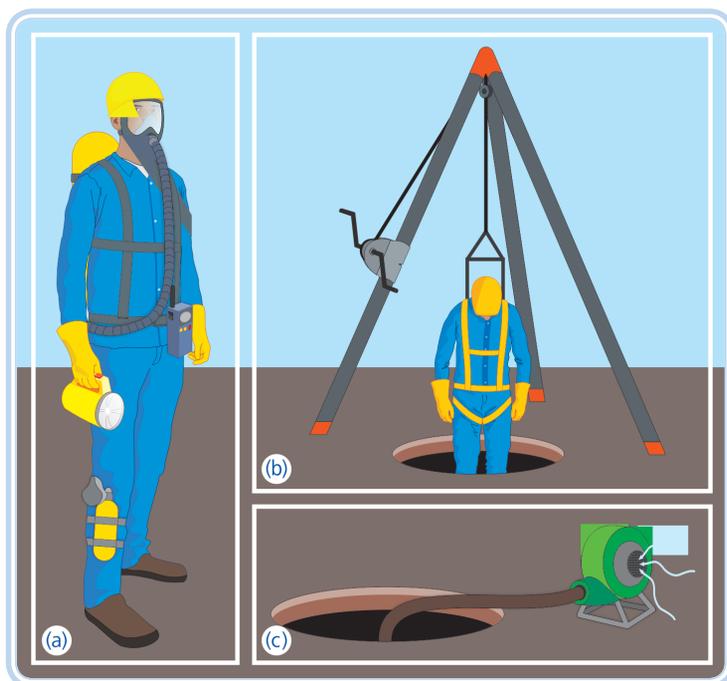


Figura 5.9: Equipamentos de proteção e comunicação em espaços confinados

Fonte: CTISM

Durante o trabalho, o trabalhador deve ser monitorado de modo contínuo enquanto realiza suas tarefas através do uso de detectores de gases dotados de alarmes sonoros ajustados para que seja soada em situações onde a concentração de agentes químicos tóxicos ou, se o gás for asfixiante simples, pelo teor de oxigênio sinalizando para o trabalhador a existência de uma exposição perigosa. Com isso, o trabalho deve ser interrompido e se retirar do local. Estes são colocados no trabalhador, de preferência, junto à cintura, devendo

A-Z

Organismo de Certificação Credenciado

São órgãos, empresas, entidades e laboratórios que se dedicam a condução e concessão de conformidade. Entidades credenciadas pelo INMETRO e atuando com base nos princípios e critérios no âmbito do sistema brasileiro de calibração.



estar certificados por um **Organismo de Certificação Credenciado** (OCC). Incluem-se entre estes equipamentos aqueles que se destinam a comunicação entre os trabalhadores no interior e o vigia, no lado externo.

Após o término dos serviços, o supervisor de entrada faz o encerramento da permissão de entrada, especificando o horário do fim do procedimento no formulário.

Nos trabalhos em espaços confinados deve-se ter a presença do supervisor de entrada e do vigia. Ambas as funções podem ser desempenhadas por uma pessoa.

O vigia é o trabalhador que está posicionado no lado de fora do espaço confinado, realizando o monitoramento dos trabalhadores autorizados. Durante as operações, este conta periodicamente o número de trabalhadores presentes, estando em contato permanente com os mesmos, acionando equipes de salvamento e de emergência quando necessárias, inclusive podendo operar movimentadores de pessoas (fixados em tripés, Figura 5.9b).

Para se tornar um supervisor de entrada e vigia de espaços confinados deve ser feito cursos de capacitação com cargas horárias determinadas na Norma Regulamentadora nº 33.

Na disciplina de Instrumentação você verá como estes aparelhos de monitoramento são ajustados e calibrados para o uso correto em espaços confinados.



Figura 5.10: Detector de gases também usado para monitoramento contínuo, à esquerda, o cilindro de calibração

Fonte: CTISM

Resumo

Nesta aula você teve a oportunidade de apreender noções básicas a respeito de trabalhos em espaços confinados, ambiente muito comum na indústria brasileira e geradora em potencial, caso procedimentos de segurança não sejam seguidos, de acidentes fatais.

Atividades de aprendizagem



1. Considere as informações a seguir e assinale a alternativa correta.

I - A concentração de um gás inflamável em mistura com o ar quando está abaixo do limite inferior de inflamabilidade é conhecida como “mistura pobre”.

II - Quando a mistura pobre entre gás/ar encontra uma fonte de ignição, pode ocorrer uma explosão.

III - Se a mistura rica entre gás/ar encontra uma fonte de ignição, pode ocorrer uma explosão se esta estiver confinada.

Está(ão) correta(s):

- a) I somente.
- b) II somente.
- c) III somente.
- d) I e II somente.
- e) I e III somente.

2. Considere as informações a seguir e assinale a alternativa correta.

I - Quando necessário, a permissão do uso de oxigênio puro para ventilação de espaços confinados pode ser concedida.

II - Um teor de oxigênio de 18 % em volume, em um espaço confinado, apresenta maior proteção que um teor de 19,5 % em volume.

III - Uma área classificada é aquela que apresenta risco de incêndio e explosão.

Está(ão) correta(s):

- a) I somente.
- b) II somente.
- c) III somente.
- d) I e II somente.
- e) I e III somente.

Aula 6 – Radiações ionizantes e não ionizantes

Objetivos

Aprender sobre os tipos de radiações, seus tipos, efeitos sobre o organismo humano e as metodologias de avaliação e controle.

6.1 As radiações

Nesta aula você irá rever alguns conceitos relacionados às radiações, pois no ambiente industrial e no nosso dia-a-dia, elas estão muito presentes. Com a ampliação das telecomunicações, processos de fabricação avançados na indústria metal-mecânica, assim como tratamentos de saúde, estimativa de diagnósticos no campo da medicina e de produção de energia elétrica o uso das radiações tem contribuído bastante para nos oferecer maior qualidade de vida, entretanto, com este progresso, os riscos da presença e de sua utilização devem ser avaliados, para controle da exposição do trabalhador frente a este agente físico.

Na ciência denominada **Física**, as radiações são a propagação da energia por meio de partículas ou de ondas eletromagnéticas. Todos os corpos, incluindo você, estão emitindo radiação, basta que qualquer corpo esteja submetido a uma temperatura.

Existem na literatura, muitas maneiras de identificarmos as radiações, algumas bem comuns como, por exemplo, a radiação solar, classificada de acordo com a sua fonte.

Contudo, na higiene ocupacional o nosso interesse no estudo das radiações está na capacidade que este fenômeno apresenta de causar danos à saúde do trabalhador. Por isso, usamos a classificação dada pela física que classifica as radiações de acordo com o efeito nos organismos vivos, sendo denominadas ionizantes e não ionizantes.

A-Z

Física

Ciência que estuda a relação entre a matéria e a energia, analisando a suas interações e suas propriedades.

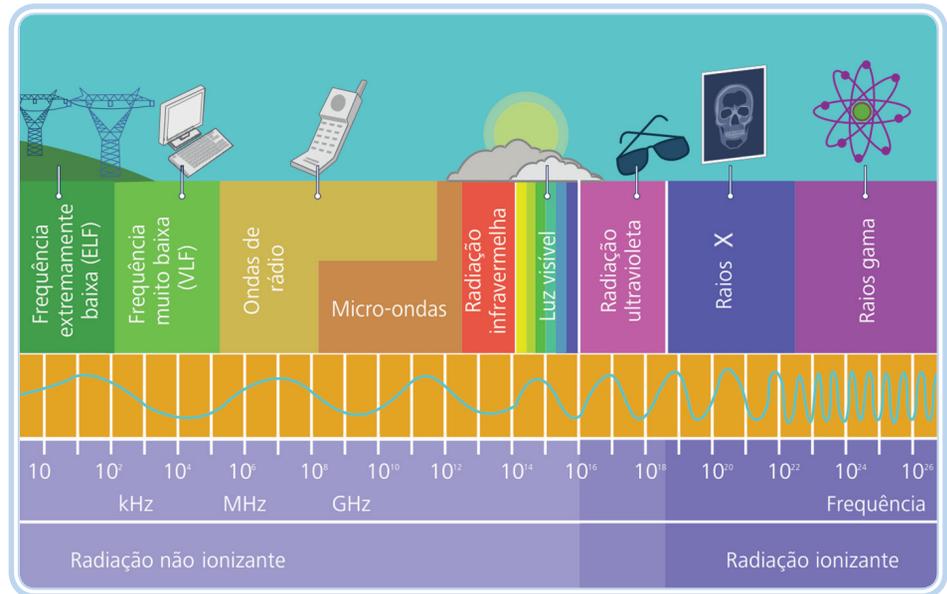


Figura 6.1: Espectro das radiações

Fonte: CTISM, adaptado de <http://files.rtelemoveis.webnode.pt/200000048-af704afea7/grafico%20telemovel.gif>

6.1.1 Radiações ionizantes

As radiações ionizantes são aquelas que são capazes de produzir uma reação de ionização. Ou seja, em outras palavras, a sua energia é capaz de transformar **átomos** de moléculas neutras em seus respectivos **íons**.

A-Z

átomos

São as menores partículas que ainda caracterizam um elemento químico, sendo formado por um núcleo e uma coroa eletrônica, constituídos por prótons (partícula de carga positiva), nêutrons (sem carga) e elétrons (partícula de carga elétrica negativa).

íons

Átomos ou moléculas que podem ter excesso ou necessidade (falta) de elétrons. O primeiro denomina-se ânion (carga negativa) e o segundo cátion (carga positiva).

Isto significa um tipo de radiação que apresenta nível de energia maior do que a energia que mantém os elétrons de um átomo ligados com o seu núcleo. Esta se caracteriza por conseguir retirar os elétrons de seus orbitais, com maior facilidade aqueles que estão mais distantes do núcleo, superando a energia de ligação com o mesmo.

Na Figura 6.2, temos um gráfico que mostra os níveis de energia de ligação da sua última camada (camada de valência) em eletro-volt variando de acordo com o número atômico de elementos químicos para a ionização da camada mais externa de seu núcleo. Neste permite-se visualizar que à medida que temos elementos químicos com elevados números atômicos, assim como, maior número de massa e maior raio atômico, seus elétrons na sua camada de valência apresentam energias de ligação menores em comparação com os elementos de números atômicos mais baixos. Isto se deve ao fato de que por serem maiores, os elétrons estão mais distantes de seu núcleo não oferecendo níveis de atração fortes, resultando na possibilidade de ser ionizado mais facilmente.

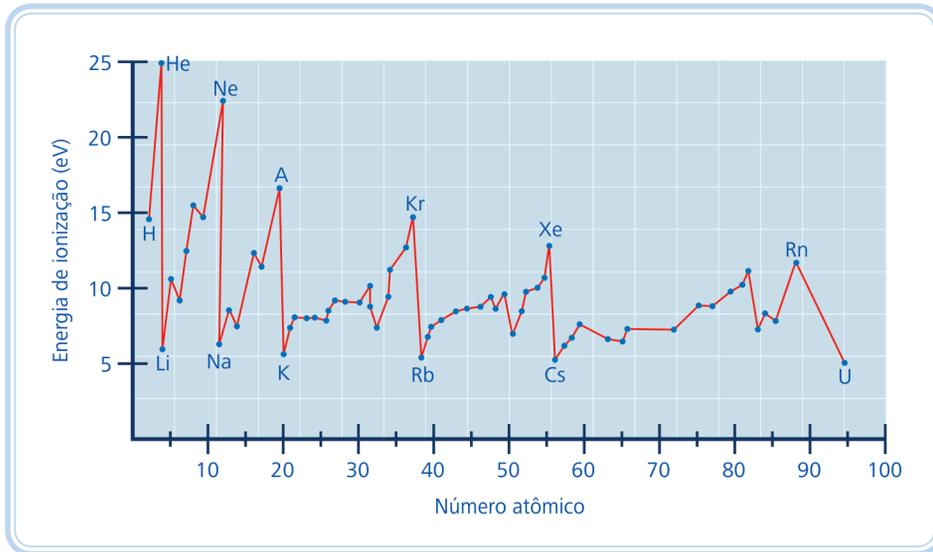


Figura 6.2: Energia de ionização de átomos

Fonte: CTISM, adaptado de TAUHATA et al, 2003

Nas regiões próximas do núcleo, o nível de energia de ionização é maior e oferece maior dificuldade para remover os elétrons.



A energia da radiação é expressa na unidade de elétron-volt (eV), assim como, as das grandezas que são ligadas ao átomo e ao núcleo. Define-se como "1 eV" a energia (cinética) adquirida por um elétron ao ser acelerado por uma diferença de potencial de 1 volt (1 MeV é igual a $1,6 \times 10^{-13}$ joule).

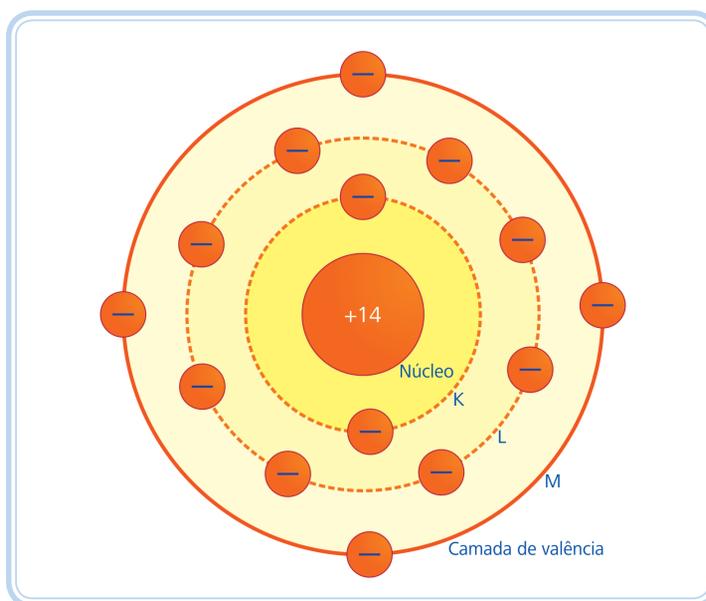


Figura 6.3: Camada de valência de um átomo

Fonte: CTISM

Este poder que as radiações ionizantes possuem de arrancar os elétrons de átomos da matéria podemos relacionar diretamente os efeitos no organismo, pois o afeta de modo a romper as ligações químicas de substâncias presentes em nossas células, alterando as estruturas do DNA (Ácido Desoxirribonucleico) com ação mutagênica. Outro perigo está relacionado a capacidade que esta tipologia de radiação não produz no organismo humano sinais para a sua percepção.

As radiações ionizantes são produzidas a partir de uma fonte, neste caso, um elemento químico dotado de elevado número atômico, que devido a um excesso de energia acumulada no núcleo (instável) de seus átomos, começa a emitir partículas ou ondas eletromagnéticas até tornarem-se estáveis. Esta capacidade emitir este excesso de energia é uma propriedade denominada de radioatividade e os elementos químicos que a apresentam são chamados de radioativos.

A passagem de tornar o átomo da condição de instável para estável é um fenômeno de transformação, onde o elemento químico instável transforma-se em outro elemento químico diferente, com **configuração eletrônica** mais estável.

A-Z

configuração eletrônica

Descrição do arranjo dos elétrons em um átomo, por meio de níveis de energia e orbitais.

isótopos

Átomos de um elemento químico cujos núcleos apresentam o mesmo número atômico, entretanto, têm diferentes números de massa.

Em outras palavras, a radioatividade é considerada um fenômeno natural ou artificial, pelo qual algumas substâncias ou elementos químicos, chamados radioativos, são capazes de emitir radiações, as quais têm a propriedade de escurecer placas fotográficas, atravessar corpos opacos à luz, ionizar gases, por exemplo. Na forma natural pode-se encontrá-la manifestando-se em elementos químicos presentes na natureza e nos seus **isótopos**. Na forma artificial, que pode ser entendida como induzida é provocada por transformações nucleares artificiais.



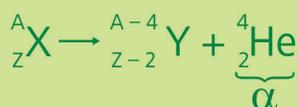
Isótopos radioativos são conhecidos como radioisótopos. Radioatividade também é conhecida como decaimento radioativo.

Outra característica das radiações ionizantes, não está só no fato da ionização, mas também na capacidade de serem bastante penetrantes, em comparação com a radiação não ionizante. São encontradas na natureza em elementos radioativos (urânio 235, rádio, potássio 40), em isótopos radioativos (Co 60) em raios X e γ para radiografias do corpo humano assim como tratamento medicinal para câncer (radioterapia) e uso industrial (gamagrafia) e têm efeitos somáticos (anemia, leucemia, catarata, câncer) e genéticos cumulativos e irreversíveis, como alterações cromossômicas (a nível celular conforme já mencionado). As radiações eletromagnéticas do tipo X e gama, são mais penetrantes e, dependendo de sua energia, podem atravessar vários centímetros do tecido humano (por isso são utilizadas em radiografias médicas).

6.1.1.1 Classificação das radiações

As radiações ionizantes podem ser classificadas da seguinte maneira:

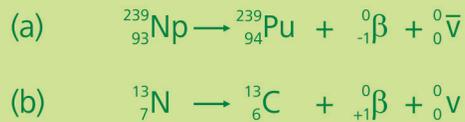
- **Partícula alfa (α)** – dentre as radiações ionizantes, as partículas alfa são as mais pesadas e de maior carga, sendo menos penetrantes que as demais classes. Podem ser entendidas como um fluxo de partículas que são ejetadas do núcleo compostas por 2 (dois) prótons e 2 (dois) nêutrons, também denominada de núcleo de He (Helio, um gás nobre). As partículas alfa são núcleos do átomo do gás hélio e são completamente barradas por uma folha comum de papel. Quando um radioisótopo emite uma partícula alfa sua massa atômica reduz para 4 unidades, e seu número atômico se reduz para 2 (duas) unidades.



Onde: Z = representa o número atômico

A = número de massa

- **Partícula beta (β)** – as partículas β possuem a massa e a carga idênticas a do elétron, portanto, são menores e mais leves que as partículas α , apresentam rápida movimentação com maior capacidade de penetração em qualquer material. As partículas β podem penetrar vários milímetros na pele, mas não penetram uma distância suficiente para alcançar os órgãos mais internos do corpo humano. Este tipo de partícula oferece maiores riscos de emissão de radiação quando colocados ou então, depositados internamente ao corpo ou quando ocorre uma incidência direta, irradiando a pele e o cristalino dos olhos. As partículas β são definidas como um fluxo de partículas com procedência do núcleo. Elas surgem quando existe um excesso do número de nêutrons em relação ao número de prótons. Neste momento, tem-se o início do decaimento radioativo através da emissão de um elétron, ocasionado pela conversão de um nêutron em um próton, que na verdade, é a emissão de uma partícula β^- (beta negativa). Caso ocorra o contrário, ou seja, um excesso de cargas positivas em relação ao número de nêutrons, tem-se a emissão de uma partícula β^+ (denominada também como pósitron), consequência da conversão de um próton em um nêutron.



Onde: ν = neutrinos
 $\bar{\nu}$ = antineutrinos

Neutrinos são partículas subatômicas elementares, sem carga elétrica, e apresentam pouca massa em comparação à massa do elétron.

- **Raios γ** – os raios gamma não possuem nem massa nem carga e por isso têm um poder de penetração infinito, podendo atingir grandes distâncias no ar e atravessar vários tipos de materiais. A radiação gama ou raios gama são radiações eletromagnéticas. As características físicas da radiação eletromagnética incluem o comprimento e a frequência de onda onde cada tipo de radiação eletromagnética possui comprimento e frequência de onda característicos. Analisando a medida destas características, pode ser identificada a tipologia de radiação. As diferenças entre a radiação gama e estas formas mais familiares de radiação eletromagnética é que a radiação gama é originada no núcleo do átomo, possuindo pequeno comprimento de onda e alta frequência. Esta radiação é emitida em forma de **fótons**, ou seja, pacotes de energia que possuem propriedades corpusculares e ondulatórias. Após um decaimento α ou β o **núcleo filho** está frequentemente no estado excitado atingindo o seu estado fundamental após a emissão de radiação γ . A radiação γ é o tipo mais penetrante de radiação. Não apresenta carga elétrica e não é afetada por campos elétricos e magnéticos. É uma radiação muito perigosa aos organismos vivos, com a sua recepção, tem-se a possibilidade de alteração do material genético da pessoa, fazendo com que seus filhos tenham alta possibilidade de nascerem com algum tipo de deformidade ou deficiência.

A-Z

fótons

Partículas elementares ou ondas as quais surgem durante a ocorrência de uma transição de um elétron pertencente a um átomo entre dois estados de energia diferentes.

núcleo filho

Núcleo alterado pós-decaimento específico.

- **Raios X** – os raios X são semelhantes aos raios γ quanto as suas propriedades, ou seja, são ondas eletromagnéticas de alta frequência dotadas de pequeno comprimento de onda. A principal diferença entre eles é que os raios X podem ter origem na eletrosfera (também denominado de raios X característico) ou por meio do freamento de elétrons (raios X artificial). Todos os equipamentos utilizados para fins médicos e industriais produzem raios X artificiais, produzidos a partir da colisão de um feixe de elétrons contra um alvo metálico. Quando esses elétrons entram em colisão contra o alvo, sofrem um processo de desaceleração e liberam sua energia na forma de calor e raios X.

- **Nêutrons** – dentre a tipologia de radiações até este momento mostradas para você, esta é a que apresenta maior capacidade de penetração, característica que grande parte é devida ao fato de que não apresenta carga elétrica e possui grande massa comparada com os elétrons e prótons. Os nêutrons são produzidos por reatores nucleares para fins de produção de energia elétrica, através de uma reação denominada **fissão nuclear**.

Na Figura 6.6, você tem uma visualização da capacidade de penetração das radiações ionizantes com exemplos de materiais que provavelmente as reteriam, absorveriam ou atravessariam.

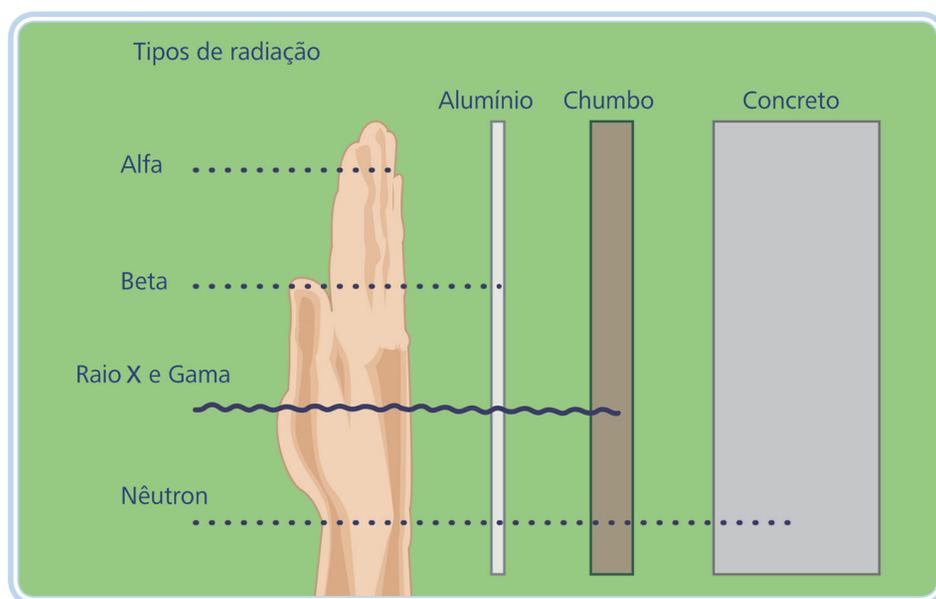


Figura 6.6: Capacidade de penetração das radiações ionizantes de acordo com a sua classe
Fonte: CTISM, adaptado de www.biomedicaltopics.net

A radiação deixa de ser produzida por um aparelho de raios X quando for desligado não tornando como material radioativo os locais onde são realizadas as radiografias. Por apresentar caráter acumulativo, só deve ser usada quando necessário.

6.1.1.2 Grandezas radiológicas

Seja numa avaliação para exposição ocupacional às radiações ionizantes ou para fins de análise científica tanto em estudos de acidentes nucleares históricos ocorridos nas usinas nucleares de Chernobyl e de Fukushima como pesquisas no ramo nuclear. Estas grandezas são formas quantitativas de informar os níveis de radiação. Entre estas, as doses que se referem as energias que são passadas ao corpo humano nos seus tecidos e órgãos vitais, a exposição que se refere ao dano produzido no ambiente e a atividade que está relacionada

A-Z

fissão nuclear

É um tipo de reação nuclear que se baseia na divisão de um núcleo de um átomo em dois núcleos menores, após colisão com um nêutron.



Para saber mais sobre a acidente de Chernobyl, acesse: <http://portaldaradiologia.com/?p=724>

Para saber mais sobre o acidente nuclear na Central de Fukushima Daiichi, acesse: <http://www.eletronuclear.gov.br/Saibamais/Perguntasfrequentestemasgeraisoacidente/naCentraldeFukushima.aspx>

ao material radioativo. A seguir, de acordo com Tauhata, L. et al., (2003), você tem a disposição a descrição destas grandezas:

- **Atividade** – a atividade de um material radioativo é definida como o número de transformações nucleares que ocorrem por unidade de tempo. A unidade SI (Sistema Internacional) é o Becquerel (Bq) ou s^{-1} . A antiga unidade é Curie (Ci) = $3,7 \cdot 10^{10}$ Bq. Um conceito mais antigo desta grandeza estabelecia que esta representasse uma desintegração, ou seja, uma destruição do núcleo ocorrendo na realidade, uma emissão de radiação na qual se tem como consequência rearranjo do mesmo para se tornar um elemento químico mais estável.
- **Exposição** – esta grandeza é definida como uma divisão entre o valor absoluto da carga total de íons de um sinal específico, produzidos quando todos os elétrons liberados pelos fótons no ar e que são completamente freados no mesmo, para uma massa de 1 kg (ar). A unidade que representa a exposição pelo Sistema Internacional (SI) é o $C \cdot kg^{-1}$ (Coulomb/quilograma) e existe uma relação com outra unidade denominada de Roentgen (R), unidade antigamente usada, onde 1 R é igual a $2,58 \cdot 10^{-4} C \cdot kg^{-1}$.
- **Dose absorvida** – é definida como a energia média depositada pela radiação em uma quantidade elementar de matéria em massa. Em outras palavras, representa o efeito deste agente físico que ao ser transferida a energia, acaba interagindo com o material. A grandeza tem sua medida pelo Sistema Internacional (SI) estipulada em Gray (Gy), que corresponde a $1 J \cdot kg^{-1}$ (Joule por quilograma). Você pode encontrar esta grandeza medida em equipamentos mais antigos dada em rad (*radiation absorbed dose*).
- **Dose equivalente** (equivalente de dose) – grandeza expressa por $HT = DT \cdot wR$, onde DT é dose absorvida média no órgão ou tecido e wR é o fator de ponderação da radiação. Este último funciona como um ponderador na equação que vai depender do tipo da radiação, pois cada uma tem uma capacidade de induzir um determinado tipo de efeito biológico. A unidade no Sistema Internacional é o Joule por quilograma (J/kg), denominada Sievert (Sv).
- **Dose efetiva** – é a soma das doses equivalentes ponderadas nos diversos órgãos e tecidos, $HE = \sum HT \times Tw$, onde HT é a dose equivalente no tecido ou órgão e Tw é o fator de ponderação de órgão ou tecido. Esta grandeza também pode ser chamada equivalente de dose de corpo inteiro. A unidade no sistema internacional é o Joule por quilograma (J/kg), denominada Sievert (Sv).

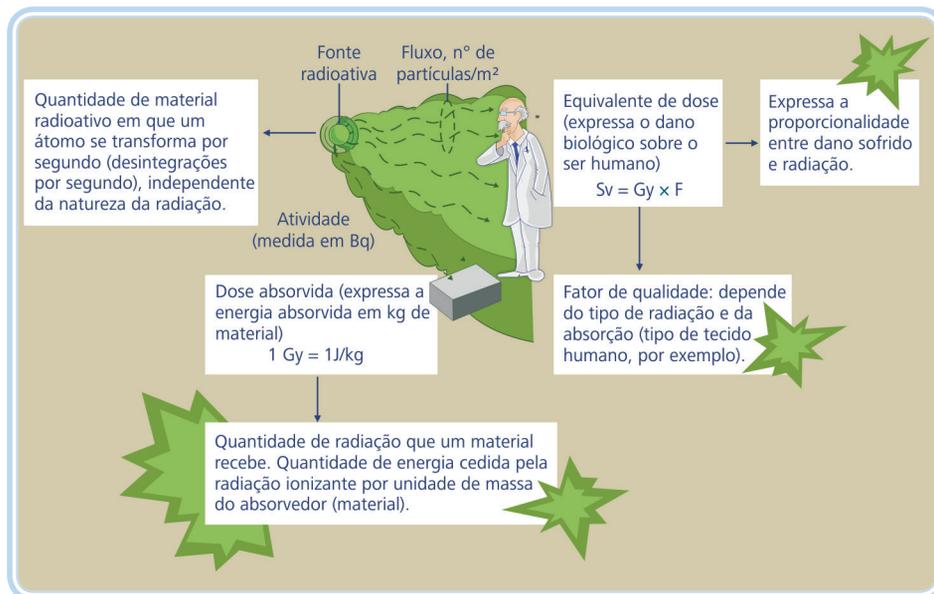


Figura 6.7: Visualização da relação entre as grandezas radiológicas e sua aplicação

Fonte: CTISM

As avaliações ocupacionais para fins de proteção radiológica são denominadas dosimetrias, realizado por um dosímetro (vide Figura 6.8) individual colocado no tórax do trabalhador. Existem outros com formato de anel, para inseri-los nos dedos e na forma de relógio para colocar no pulso. Todo o estudo denomina-se Programa de Proteção Radiológica (PPR).

Os dosímetros são compostos por substâncias que apresentam uma propriedade denominada termoluminescência. Estas estão organizadas na forma de cristais de sais no dosímetro e agem como detectores, entre elas, o sulfato de cálcio (CaSO_4) e o fluoreto de lítio (LiF). Entende-se por material termoluminescente aquele que tem a capacidade de emitir luz por aquecimento. Quando exposto a radiação, acumulam energia gerando aquecimento. Então, ocorre uma liberação desta energia por uma emissão de luz ultravioleta. Pelo nível de intensidade de que esta luz é emitida se consegue estimar o parâmetro de dose. Quanto maior for a intensidade com que a luz é emitida maior será a dose para o trabalhador.

Após colocar o dosímetro no trabalhador, atente-se para mantê-lo de acordo com as recomendações do laboratório fornecedor, não sendo permitido que o trabalhador o leve para casa ou qualquer ambiente que não seja o do seu local de trabalho. O uso de um dosímetro é estabelecido para um período de 30 dias, normalmente. Assim como, deve ser usado durante todo o ano.



Figura 6.8: Dosímetro individual

Fonte: CTISM



Para saber mais sobre radioproteção e dosimetria, acesse:
<http://www.cnen.gov.br/seguranca/documentos/FundamentosCORv5.pdf>

<http://www.cnen.gov.br/seguranca/seguranca.asp>

Em uma dosimetria, os limites de tolerância usados para se verificar se há uma exposição às radiações ionizantes são fornecidos pela CNEN (Comissão Nacional de Energia Nuclear) que constam na norma CNEN-NN-3.01:2011 – Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica, que estabelece os requisitos básicos para a proteção radiológica das pessoas (incluindo trabalhadores do ramo e indivíduos do público) que estão expostas as radiações ionizantes. No Quadro 6.1 você tem a disposição estes limites que estão baseados em valores de dose.

Quadro 6.1: Limites de tolerância de doses anuais

Limites de doses anuais ^[a]			
Grandeza	Órgão	Indivíduo ocupacionalmente exposto	Indivíduo do público
Dose efetiva	Corpo inteiro	20 mSv ^[b]	1 mSv ^[c]
Dose equivalente	Cristalino	20 mSv ^[b]	15 mSv
	Pele ^[d]	500 mSv	50 mSv
	Mãos e pés	500 mSv	-----

^[a] Para controle administrativo realizado pela CNEN, o termo dose anual deve ser para dose de acordo com o ano calendário, isto é, no período decorrente de janeiro a dezembro de cada ano.

^[b] Média aritmética para 5 anos, desde que não exceda 50 mSv em qualquer ano.

^[c] Em circunstâncias especiais, a CNEN poderá autorizar um valor de dose efetiva de até 5 mSv em um ano, desde que a dose efetiva média em um período de 5 anos consecutivos, não exceda a 1 mSv por ano.

^[d] Valor médio em 1 cm² de área, na região mais irradiada.

Fonte: CNEN, 2011

6.1.2 Radiações não ionizantes

A outra classificação dada de acordo com o efeito das radiações é conhecida como não ionizante. Ao contrário das que foram estudadas por você até este momento, estas são ondas eletromagnéticas as quais não apresentam níveis de energia suficientes para provocar ionização sobre a matéria onde esta incide.

Ou seja, a energia produzida não é capaz de romper ligações químicas e tem pouca penetração, afetando mais a pele e os olhos quando não há proteção.

Provavelmente, você deve estar pensando: se esta radiação não danifica estruturas atômicas, então, não necessita de nossa atenção para fins de estudo de higiene ocupacional?

As radiações não ionizantes merecem nossa atenção, mesmo que o nível de energia não seja suficiente para ionização, pois apresenta capacidade de alterar o estado de vibração e de rotação moleculares causando no local incidente um aumento da temperatura, denominado como efeito térmico. Com isso, após um longo tempo de exposição, sendo influenciado pela quantidade incidente de energia e da susceptibilidade individual do trabalhador, podem ocorrer doenças como **catarata**, queimaduras no corpo (chamados também de efeitos eritêmicos), fadiga e efeitos carcinogênicos, neste último, capazes de produzir câncer, principalmente na pele, por se tratar da primeira barreira na qual a radiação incide.

Na Figura 6.9, você tem uma visualização de como está organizado um campo eletromagnético, com propagação indicado pelo vetor \vec{v} .

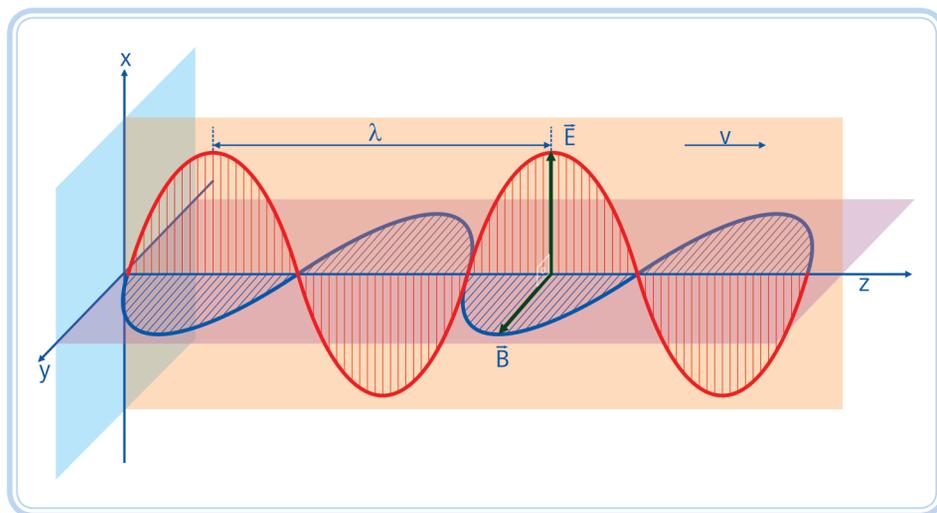


Figura 6.9: Campo eletromagnético formado pelo campo elétrico (\vec{E}) e pelo campo magnético (\vec{B}), perpendiculares entre si

Fonte: CTISM

Além disso, as radiações não ionizantes estão presentes em nosso cotidiano, pois se não a tivéssemos, ou seja, se não houvesse estes campos eletromagnéticos, você não poderia usar telefones celulares, escutar pelo aparelho de rádio um jogo de futebol, não receberíamos a luz solar, não faríamos tratamentos

A-Z

catarata

Trata-se de uma lesão no globo ocular, afetando o cristalino (parte do olho humano localizado atrás da íris, que permite a passagem da luz chegar a retina) tornando-o opaco e comprometendo a visão.



Para saber mais sobre o que é catarata?, acesse:
<http://www.minhavidacom.br/saude/temas/catarata>

Para saber mais sobre catarata, acesse:
<http://www.visaolaser.com.br/saude-ocular/doencas-oculares/catarata/>

médicos, como por exemplo, a ressonância magnética. Entretanto, a nossa preocupação está direcionada aqueles trabalhadores que estão sujeitos à exposição deste campo.

As radiações não ionizantes de acordo com o seu comprimento de onda podem ser divididas como:

- **Ultravioleta** – esta forma de radiação apresenta-se num espectro eletromagnético em 3 (três) subdivisões: a UV-A, que com comprimento de onda na faixa, de aproximadamente, 400 a 320 **nm** (equivalente ao comprimento de onda da **luz negra**) é comum em lâmpadas utilizadas para bronzamento e para secagem de resinas, em teatros e diversões públicas, a UV-B em torno de 320 a 280 nm e UV-C na faixa de 280 e 100 nm são emitidas por materiais como lâmpadas especiais (vapor de mercúrio, por exemplo), em processos de soldagens que envolvem a produção de arco elétrico e bastante utilizada em tratamento para esterilização de equipamentos em laboratórios, hospitais e para tratamento de água em alguns países. A exposição prolongada de ambas pode levar ao desenvolvimento de cataratas, pigmentação da pele fica escurecida e queimaduras (inclusive a solar) que com o tempo tendem a ocorrer o envelhecimento da pele, assim como o aparecimento de câncer de pele. Para proteção, recomenda-se o uso de filtros específicos para máscaras de solda, lentes de proteção para os olhos com tonalidade específica para esta radiação e até no nosso dia-a-dia, o uso de filtros solares.

A-Z

nm

Nanômetro, uma subunidade de um metro (m). O valor de 1 nm é igual a 1×10^{-9} m.

luz negra

Esta é caracterizada como uma incidência de luz comum sobre uma lâmpada de um vidro especial, de cor escura e sem fósforo.



Figura 6.10: Solda por arco elétrico

Fonte: CTISM

- **Micro-ondas e radio frequências** – se você olhar na Figura 6.1, que mostra uma parte do espectro eletromagnético, vai perceber que estas se encontram nas regiões de baixas frequências e com menor poder energético, que ao incidir com a matéria orgânica (organismo) tem-se uma geração de calor localizada. Estas podem ser perigosas quando são emitidas em grandes densidades de radiação. A sua presença é constatada em estações de rádio, televisão, telefonia, em radares para navegação e meteorologia. No uso industrial, utilizado para secagem de materiais na produção de cerâmicos e de couro, e na indústria alimentícia, onde nesta última, também o emprega para desidratação e esterilização de materiais (SPINELLI et al, 2006).
- **Infravermelho** – novamente, olhando na Figura 6.1, você pode notar que a radiação infravermelha está posicionada nas radiações de comprimento de onda aproximado na faixa de 760 nm a 1 mm, entre as micro-ondas e a luz visível. Esta radiação caracteriza-se por não apresentar poder energético capaz de alterar estruturas a nível atômico, porém, nós devemos estar atentos para os efeitos térmicos de uma exposição prolongada, que afetará diretamente os olhos acarretando em cataratas e queimaduras de retina, córnea e na pele (SPINELLI et al, 2006). Podemos encontrar fontes de emissão infravermelha em usinas que operam com fusão de metais, fornos industriais inclusive aqueles que operam à base de resistência elétrica e processos industriais que utilizam soldagem e maçaricos. Sua proteção é baseada no uso de filtros, que para os olhos são feitos a partir de óculos de proteção (aplicando-se a tonalidade certa para a radiação) e para a pele utiliza-se roupas que impedem a radiação de ultrapassá-la.
- **Laser** – este tipo de radiação tem sua nomenclatura baseado na sigla LASER (do inglês, *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) que se apresenta na forma traduzida como Amplificação da Luz por Emissão Estimulada de Radiação, um feixe de luz que se define em concentrar uma grande quantidade de energia em uma área bastante pequena, considerado na física como **monocromático**, o que torna o local incidente propenso a sofrer queimaduras, dependendo da sua intensidade e do tipo. Um exemplo de *laser* está mostrado na Figura 6.11, muito usado em apresentação de palestras, conferências e aulas, este pode ser muito perigoso se você posicionar o equipamento apontando-o para os olhos pode causar lesões de caráter permanente. Quanto maior é a potência do *laser* maior é a radiação sofre a superfície incidente.

A-Z

monocromático

Apresente apenas um único comprimento de onda.

O *laser* tem uso especial na indústria metal-mecânica para corte de materiais de elevada resistência mecânica (denominado de *laser à gás*). O *laser* também é usado em instalações hospitalares como cauterizador de vasos sanguíneos (especialmente na oftalmologia), remoção de tecidos na dermatologia, além de aplicações cirúrgicas (SPINELLI, et al., 2006).



Assim como mostra a figura 6.11, tenha cuidado com *laser* de cor verde, este apresenta uma potência de aproximadamente cem vezes maior que o de cor vermelha.

A física classifica o *laser* também como luz coerente.

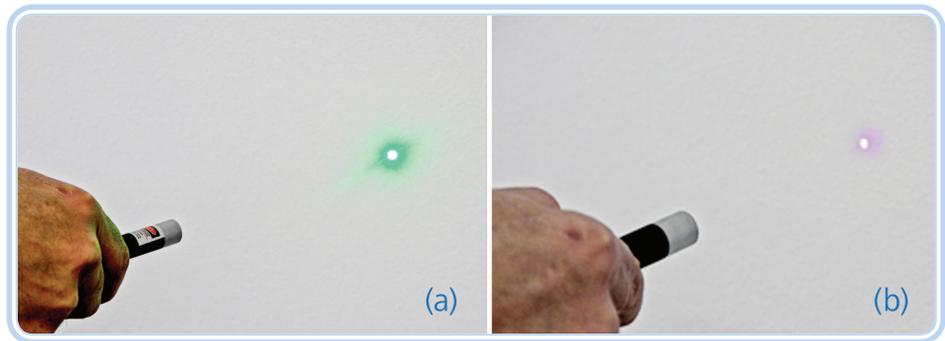


Figura 6.11: Exemplos de *laser*: (a) verde e (b) vermelho

Fonte: CTISM

A sinalização de segurança bastante usada em locais que apresentam instalações com equipamentos que possuem fontes emissoras de radiação, você pode ver na Figura 6.12 (simbologia internacionalmente usada para advertência sobre a presença). À esquerda (a), tem-se pictograma trifólio específico para radiações ionizantes, no centro (b), tem-se o das radiações não ionizantes e à direita (c), o da representação de alerta para a presença de *laser*.



Figura 6.12: Sinalização para o advertência de radiações

Fonte: CTISM, adaptado de adaptado de <http://riscaorisco.blogspot.com.br/>

Na avaliação ocupacional de radiações não ionizantes você deve considerar na sua análise os aspectos preventivistas e legais. Lembrando que para a constatação da insalubridade, sob o ponto de vista da legislação brasileira (adicional baseado no salário mínimo), você deve consultar o Anexo 7 da NR 15. Por esta norma, se não há proteção adequada aos trabalhadores, a insalubridade é constatada a partir de laudo de inspeção no local de trabalho, sendo considerado somente como radiações não ionizantes as micro-ondas, ultravioletas e *laser*.

Trabalhadores que executam suas atividades com exposição à radiação de luz negra não estão sujeitos a uma exposição insalubre, se o seu comprimento de onda estiver classificado na faixa de 400 a 320 nm (BRASIL, 1978b).

Com o intuito de elaborar um estudo com a abordagem da prevenção, você pode consultar o manual publicado anualmente pela ACGIH (*American Conference of Governmental Industrial Hygienists*) onde constam os limites de exposição ocupacional (TLV – Threshold Limit Value) para agentes químicos e físicos, entre eles, TLVs® para radiações não ionizantes, abrangendo a exposição dos trabalhadores a campos magnéticos estáticos, campos magnéticos de sub-radiofrequência (30 kHz e abaixo), radiofrequência e micro-ondas, visível e infravermelho, além de radiação ultravioleta e *laser*.



Para saber mais sobre a ABHO, acesse: www.abho.org.br

Para saber mais sobre a ACGIH, acesse: www.acgih.org

Resumo

Nesta aula você teve a oportunidade de conhecer alguns tipos de radiações que são classificadas de acordo com os seus efeitos no organismo humano, as radiações capazes de alterar estruturas químicas de moléculas como as ionizantes, assim como, as que produzem efeitos térmicos conhecidas como não ionizantes.

Atividades de aprendizagem

1. Na higiene ocupacional, a classificação das radiações ionizantes e não ionizantes é feita de acordo com:
 - a) Fonte geradora da radiação (solar, por exemplo).
 - b) A radioatividade.
 - c) Efeito no organismo.



d) Distância entre fonte e receptor.

e) O elemento condutor de energia (eletromagnética, por exemplo).

2. Relacione as colunas:

- | | |
|----------------------------|---|
| (a) Radiação ionizante | () Analisa a transformação de um átomo por uma unidade de tempo. |
| (b) Radiação não ionizante | () Não tem condições de ionizar moléculas. |
| (c) Atividade | () Expressa a carga total dos íons quando freados no ar quando liberados pelos fótons. |
| (d) Exposição | () rad. |
| (e) Dose absorvida | () Gray. |
| (f) Dose equivalente | () Pouca penetração, com efeitos predominando na superfície da pele. |
| (g) Dose efetiva | () Raios X. |
| | () Ultravioleta (UV-A e UV-B). |
| | () Sievert (Sv), quando mede energia média depositada em um órgão ou tecido. |
| | () Tem capacidade de romper ligações químicas. |

Aula 7 – Pressões anormais

Objetivos

Aprender sobre os limites de tolerância na exposição ao calor e ao frio, bem como mecanismos de controle.

7.1 Definições

Nesta última aula, vamos entender um pouco mais sobre os trabalhos que são conduzidos em locais cuja pressão ambiente é considerada anormal, em comparação com aquela que foi apresentada a você na apostila desenvolvida para a disciplina de Higiene Ocupacional I.

Quando estamos trabalhando, muitas vezes nem pensamos que estamos submetidos a uma pressão ambiente, esta é exercida pelo ar e conhecida como pressão atmosférica. Considerada normal para lugares ao nível do mar ou então, um pouco mais elevados. O nosso aparelho respiratório e vascular se desenvolveu e se adaptou para esta pressão normal e trocas gasosas que estamos realizando neste momento, são influenciadas caso a pressão seja modificada. A pressão atmosférica é medida por um barômetro.

Na higiene ocupacional, as pressões anormais com níveis de pressão atmosférica abaixo da normal são classificadas como hipobáricas e as que estão acima da normal, como hiperbáricas. No Brasil, trabalhos desenvolvidos sob pressões hipobáricas são raros, pois isto é típico de regiões de elevadas altitudes. No entanto, trabalhos sob condições hiperbáricas já aparecem com maior frequência e exigem mais de nossa atenção devido a complicações do organismo humano caso não sejam atendidos procedimentos de segurança.

A legislação brasileira que trata da insalubridade deste agente físico é o Anexo 6 da Norma Regulamentadora nº 15.

7.2 Pressões hipobáricas

Já definidas anteriormente, também são conhecidas como “baixas pressões”, presentes em atividades desenvolvidas em países altiplanos como a Bolívia, por exemplo, onde você pode encontrar cidades situadas muito acima do

nível do mar, não para aqueles que lá moram, mas para quem vai para este local realizar algum trabalho. Os efeitos típicos de baixas pressões ficaram bastante conhecidos quando praticantes de alpinismo e atletas desenvolvem suas atividades nestes ambientes.

Cada vez que nos deslocamos para um local de altitude mais elevada que o nível do mar, estamos submetidos a uma pressão atmosférica cada vez menor. Ou seja, quanto maior for a altitude menor é a pressão ambiente. Conforme já vimos com Peixoto, et al. (2012), com esta redução de pressão, diminui concomitantemente a pressão parcial de oxigênio (O_2) no ar. Isto acontece em razão de que quando estamos em grandes altitudes, o ar está rarefeito. Em outras palavras, a quantidade de moléculas de ar está em menor número do que em comparação a um ambiente localizado ao nível do mar, assim como, estando mais dispersas. É comum as pessoas entenderem que haja mudança no teor de oxigênio em locais de grande altitude, o que está errado, continua sendo aproximadamente 79 % de nitrogênio (N_2) e 21 % de oxigênio (O_2), ambas medidas em volume, o que se altera é a sua densidade.

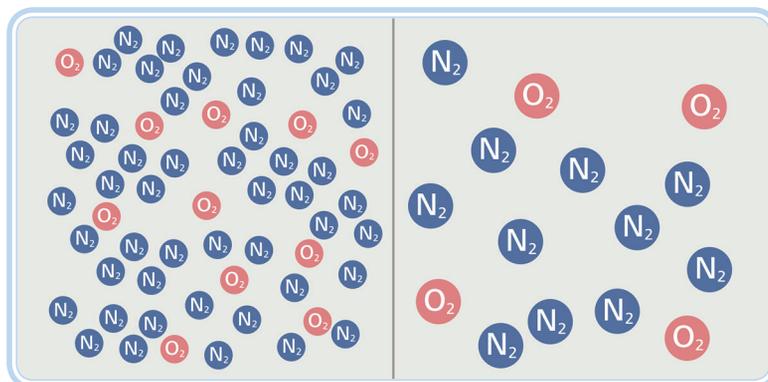


Figura 7.1: Mudança da pressão parcial de oxigênio no ar, à esquerda tem-se para o nível do mar, e à direita para grandes altitudes

Fonte: CTISM

O teor ou percentual de O_2 no ar atmosférico existente em grandes altitudes não se altera em comparação com o ar em pressão atmosférica normal.

Quando falamos em pressão parcial de oxigênio (O_2), entende-se por aquela pressão exercida pelo oxigênio este iria exercer caso viesse a ocupar o volume total de mistura, no caso o ar.

Em baixas pressões, os efeitos típicos no organismo humano são resultantes da perda de oxigênio como a sensação de falta de ar, perda de clareza mental, problemas de coordenação motora, dificuldades para executar movimentos que exijam atenção, além de dores de cabeça.

7.3 Pressões hiperbáricas

Os trabalhos envolvendo pressões anormais mais comuns no Brasil são aqueles desenvolvidos em altas pressões. O Anexo 6 da NR 15, considera insalubre os trabalhos sob ar comprimido e aqueles que são submersos, ou seja, em atividades de mergulho.

As atividades hiperbáricas com mergulho, o tempo em que o mergulhador retorna a superfície, assim como a velocidade com a qual ele sobe e a profundidade onde este executou sua tarefa é suma importância para que este não venha a desenvolver uma doença causada pela rápida descompressão. Outras doenças como barotraumas, embolias, embriaguês das profundidades (onde ocorre a saturação por nitrogênio, N₂) e intoxicações provocadas por oxigênio e gás carbônico devido a sua maior concentração. Estes são definidos como barotraumas, que são traumatismos causados pela pressão.

Conforme Spinelli, et al (2010), os acidentes como os barotraumas são aqueles que onde o nosso organismo não tem capacidade para se adquirir o equilíbrio entre a pressão no interior dos pulmões e a pressão ambiente que está mudando. A medida que aumenta a profundidade, por exemplo, o volume pulmonar sofre uma redução causando um barotrauma pulmonar. Para auxílio de profissionais da área da saúde, o Anexo 6 da NR 15 apresenta uma tabela de diagnósticos para associar possíveis sintomas de uma doença descompressiva ou de **embolia gasosa**.

Em pressões hiperbáricas, você vai encontrar trabalhos que envolvam descompressão e compressão. Na descompressão, existe uma pressão de trabalho e um tempo de permanência em faixas de pressão menores do que a de trabalho, ou seja, para se chegar ao nível de pressão normal é necessário que o mergulhador emergja aos poucos, respeitando um nível de pressão menor que a original e por um tempo especificado para esta pressão. Importante lembrar que estas faixas de diminuição de pressão e o seu tempo de permanência na mesma variam de acordo com o período de trabalho na água. Em trabalhos sob ar comprimido, também se deve atender estágios de descompressão assim como de compressão da câmara hiperbárica.



Para saber mais sobre Anexo 6 de NR 15, acesse:
http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812BE914E6012BEF3C660E1A90/nr_15_anexo6.pdf

A-Z

embolia gasosa

Durante mergulho, nos pulmões ocorre a expansão do ar (aumento de volume) devido a uma queda na pressão quando o mergulhador emerge para a superfície, causando uma obstrução dos vasos sanguíneos devido a formação de bolhas de ar.

Quadro 7.1: Diagnósticos para doenças descompressivas e embolia gasosa (parcial)

Sinais e sintomas	Doença descompressiva				Embolia gasosa			
	Pele	Dor somente	Sistemas sérios		Sistemas no sistema nervoso central		Pneumo-tórax	Enfisema do mediastino
			Sistema nervoso central	Sufocação	Lesão cerebral	Lesão na medula espinhal		
Dor na cabeça					**			
Dor nas costas			*					
Dor no pescoço								**
Dor no peito			*			*	**	*
Dor no estômago			**			*		
Dor no(s) braço(s) e perna(s)		**				*		
Dor nos ombros		**				*		
* – causa possível								
** – mais provável								

Fonte: Anexo 6 de BRASIL, 1978b

A-Z

tubulões

Estrutura vertical utilizada para realizar fundações (construção da base da ponte, por exemplo) abaixo da superfície da água ou solo, através da qual os trabalhadores devem descer, entrando pela campânula, para uma pressão maior que atmosférica. A atmosfera pressurizada opõe-se à pressão da água e permite que os homens trabalhem em seu interior (BRASIL, 1978b).

No Anexo 6, da NR 15, você vai encontrar no Quadro III, um conjunto de tabelas de descompressão para auxiliar na saída de uma câmara hiperbárica de ar comprimido (por exemplo, **tubulões**) com segurança, uma delas encontra-se a seguir. Esta tabela serve para um período de trabalho de 30 minutos a 1 (uma) hora.

Quadro 7.2: Uma das tabelas de descompressão do Anexo 6 (período de trabalho de 30 minutos a uma hora)

Pressão de trabalho *** (kgf/cm ²)	Estágio de descompressão (kgf/cm ²)*									Tempo total de descompressão ** (min)	
	1,8	1,6	1,4	1,2	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2		
1,0 a 1,2											-
1,2 a 1,4											-
1,4 a 1,6										5	5
1,6 a 1,8										10	10
1,8 a 2,0								5	15		20

(*) A descompressão tanto para o 1º estágio entre os estágios subsequentes deverá ser feita a uma velocidade não superior a 0,4 kgf/cm²/minuto.
 (***) Não está incluído o tempo entre os estágios.
 (***) Para os valores limites de pressão de trabalho use a maior descompressão.

Fonte: Anexo 6 de BRASIL, 1978b

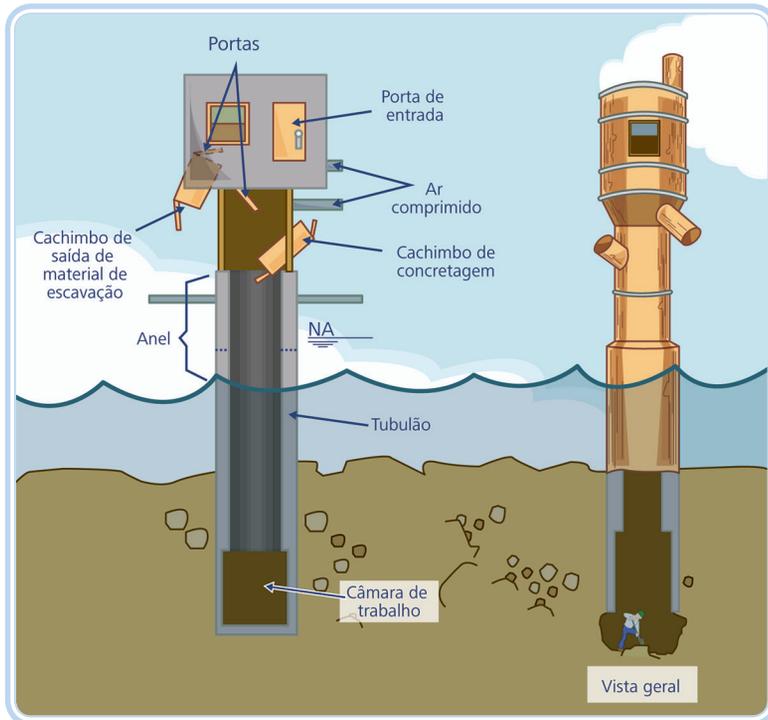


Figura 7.2: Tubulão

Fonte: CTISM

Para facilitar o seu entendimento vamos resolver um exercício de aplicação. Vamos considerar que um trabalhador deverá realizar a sua tarefa no interior de um tubulão onde a sua pressão de trabalho será de $2,0 \text{ kgf/cm}^2$ durante uma hora de trabalho.

Como deverá ser feita a compressão e a descompressão para esta atividade?

Para responder esta questão devemos entender o item 1.3.16 do Anexo 6 da NR 15. Este (alínea "a") nos informa que devemos começar logo no primeiro minuto a compressão do tubulão com a pressão de $0,3 \text{ kgf/cm}^2$. Um encarregado do pessoal analisa se existem todos apresentam boas condições físicas na **campânula** e, caso estejam todos bem, poderá ser incrementada a pressão.

Após a observância de condições de saúde adequadas, aumenta-se a pressão na campânula a uma velocidade que não seja superior a $0,7 \text{ kgf/cm}^2$ por minuto, fazendo com que o trabalhador não tenha condições de mal-estar, até atingir a pressão de $2,0 \text{ kgf/cm}^2$.

Se em algum momento da compressão ou durante o trabalho, o mergulhador se sentir mal, o procedimento deve ser interrompido ou iniciar a descompressão imediatamente.

A-Z

campânula

Câmara através da qual o trabalhador passa do ar livre para a câmara de trabalho do tubulão e vice-versa.



Permanecendo durante 1 (uma) hora de trabalho, você pode dar início aos procedimentos para decompressão e saída do operador. Você agora deve organizar a decompressão pelas tabelas contidas no Anexo 6 (NR 15), a qual deve ser usada aquela que corresponder ao período de trabalho executado, neste exercício, usa-se a tabela para 30 minutos a 1 (uma) hora, que recentemente foi apresentada (Quadro 7.2).

Usando o Quadro 7.2, para $2,0 \text{ kgf/cm}^2$, temos que seguir um procedimento de decompressão em 2 (dois) estágios. A pressão deverá ser reduzida para $0,4 \text{ kgf/cm}^2$ a uma velocidade de decompressão não superior a $0,4 \text{ kgf/cm}^2$ por minuto.

Com isso, serão necessários 4 minutos para se chegar à pressão do primeiro estágio ($0,4 \text{ kgf/cm}^2$) e conforme o Quadro 7.2 o trabalhador deve permanecer 5 minutos neste estágio. Para passar para o segundo estágio, deve-se reduzir na velocidade de decompressão de $0,4 \text{ kgf/cm}^2$ por minuto até chegar à pressão de $0,2 \text{ kgf/cm}^2$, levando 30 segundos para realizá-la. Atingindo a pressão desejada no segundo estágio, o trabalhador deve permanecer nele por 15 minutos. Atingindo esse estágio, a pressão deverá ser reduzida ao nível da pressão atmosférica normal ($1,0 \text{ kgf/cm}^2$) o que deverá ser feito em 30 segundos.

Executadas as tarefas de decompressão, o trabalhador deve ficar em observação médica por no mínimo duas horas para que caso tenha algum sintoma de doença descompressiva ele possa ser atendido.

Resumo

Nesta aula você teve a oportunidade de conhecer as pressões anormais que são classificadas de acordo com a posição de seu nível, se abaixo da pressão atmosférica como as hipobáricas ou se forem do tipo que apresentam valores de pressão acima dos níveis atmosféricos, como as hiperbáricas.



Atividades de aprendizagem

1. Assinale a alternativa correta:
 - a) A medida que a altitude se eleva a pressão atmosférica aumenta.
 - b) Somente os trabalhos sob ar comprimido são desenvolvidos em pressão hiperbárica.

- c) O Anexo 6 da NR 15 trata somente de pressões hiperbáricas.
- d) O Anexo 6 da NR 15, trata da segurança do trabalho em atividades hipobáricas.
- e) Trabalhos submersos envolvem pressões anormais do tipo hipobáricas.

Referências

ACGIH. **Limites de exposição ocupacional (TLVs®) para substâncias químicas e agentes químicos & índices biológicos de exposição (BEIs®)**. Tradução: ABHO (Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais). São Paulo: ABHO, 2010.

ARAUJO, Giovanni Moraes de. **Normas regulamentadoras comentadas e ilustradas**. 8. ed. Rio de Janeiro: Editora GVC, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14787**: Espaços confinados – Prevenção de acidentes, procedimentos e medidas de proteção. Versão Corrigida. Rio de Janeiro, 2001.

BRASIL. Portaria nº 3214, de 08 de junho de 1978: Aprova as normas regulamentadoras que consolidam as leis do trabalho, relativas à segurança e medicina do trabalho. **Norma Regulamentadora nº 07 (NR 7)**: Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO). Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, 1978a. Disponível em: <http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C812D308E21660130E0819FC102ED/nr_07.pdf>. Acesso em: 16 maio 2013.

_____. Portaria nº 3214, de 08 de junho de 1978: Aprova as normas regulamentadoras que consolidam as leis do trabalho, relativas à segurança e medicina do trabalho. **Norma Regulamentadora nº 15 (NR 15)**: Atividades e Operações Insalubres. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, 1978b. Disponível em: <[http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C816A33EF45990134335E790F6C84/NR-15%20\(atualizada%202011\)%20II.pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C816A33EF45990134335E790F6C84/NR-15%20(atualizada%202011)%20II.pdf)>. Acesso em: 25 abr. 2013.

_____. Portaria nº 3214, de 08 de junho de 1978: Aprova as normas regulamentadoras que consolidam as leis do trabalho, relativas à segurança e medicina do trabalho. **Norma Regulamentadora nº 17 (NR 17)**: Ergonomia. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, 1978c. Disponível em: <http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812BE914E6012BEFBAD7064803/nr_17.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2013.

_____. Portaria nº 3214, de 08 de junho de 1978: Aprova as normas regulamentadoras que consolidam as leis do trabalho, relativas à segurança e medicina do trabalho. **Norma Regulamentadora nº 33 (NR 33)**: Segurança e saúde nos trabalhos em espaços confinados. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, 2006. Disponível em: <[http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C812D36A280000138812EAFCE19E1/NR-32%20\(atualizada%202011\).pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C812D36A280000138812EAFCE19E1/NR-32%20(atualizada%202011).pdf)>. Acesso em: 03 ago. 2013.

_____. Decreto-lei nº 5.452, de 01 de maio de 1943. Aprova a Consolidação das Leis do Trabalho (CLT). Diário Oficial da União, RJ, Rio de Janeiro, 1943. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del5452.htm>.

_____. **NHO 04**. (Norma de Higiene Ocupacional 04). Método de coleta e análise de fibras em locais de trabalho. FUNDACENTRO, 2001. Disponível em: <<http://www.fundacentro.gov.br/dominios/ctn/anexos/Publicacao/NHO04.pdf>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

_____. **NHO 08.** (Norma de Higiene Ocupacional 08). Coleta de material particulado sólido suspenso no ar de ambientes de trabalho (procedimento técnico). FUNDACENTRO, 2009. Disponível em: <http://www.fundacentro.gov.br/dominios/SES/anexos/NHO08_portal.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2013.

CNEN. Comissão Nacional de Energia Nuclear. **Norma CNEN-NN-3.01:2011** – Diretrizes básicas de proteção radiológica. Rio de Janeiro: 2011.

NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH (NIOSH). Pettit, Ted and Linn, Herb. **A guide to safety in confined spaces.** Department of Health and Human Services, Centers of Disease Control, p. 5. USA: July, 1987.

OR-OSHA. **Technical Manual:** Sampling, measurement methods, and instruments. Disponível em: <<http://www.orosha.org/pdf/techman/tecman1.pdf>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

OREGON OSHA. Occupational Safety and Health Division. **Not desined to be occupied – Oregon OSHA's guide to confined space safety.** A Division of The Department of Consumer and Business Services. USA: 2013.

PEIXOTO, et al. **Higiene Ocupacional I.** Santa Maria: UFSM/CTISM; Rede e-Tec Brasil, 2012.

SALIBA, Tuffi Messias. **Manual prático de avaliação e controle de poeira e outros particulados.** 4. ed. São Paulo: Editora LTR, 2010.

SESI. **Técnicas de avaliação de agentes ambientais.** (Apostila). Disponível em: <http://www.cpn-nr18.com.br/uploads/documentos-gerais/tcnicas_de_avaliao_de_agentes_ambientais_.pdf>. Acesso em: 06 nov. 13.

SPINELLI, Robson et al. **Higiene ocupacional:** agentes biológicos, químicos e físicos. 5. ed. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2006.

TAUHATA, L.; SALATI, I. P. A.; PRINZIO, R. Di.; PRINZIO, M. A. R. R. Di. **Radioproteção e dosimetria:** fundamentos. 5. ed. rev. Rio de Janeiro: IRD/CNEN, 2003.

TORLONI, Maurício; VIEIRA, Antônio Vladimir. **Manual de proteção respiratória.** São Paulo: ABHO, 2003. 168 p.

Currículo do professor-autor



Neverton Hofstadler Peixoto é Engenheiro Mecânico formado pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), com especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho realizada na Pontifícia Universidade Católica de Porto Alegre (PUC/POA), licenciatura para Professores da Educação Profissional, Mestrado e Doutorado em Engenharia Metalúrgica e dos Materiais pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Atualmente trabalha como Professor de Ensino Básico, Técnico e Tecnológico do Colégio Técnico Industrial de Santa Maria (CTISM), escola técnica vinculada à Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), onde ministra disciplinas de Higiene Ocupacional, Segurança do Trabalho e Instrumentação para o Curso Técnico em Segurança do Trabalho e disciplinas de Máquinas Térmicas, Sistemas Térmicos, Tecnologia Mecânica e Manutenção para os cursos Técnicos em Mecânica e Eletromecânica, além de atuar na realização de laudos de avaliações ambientais relacionados à Segurança do Trabalho.



Leandro Silveira Ferreira é Engenheiro Químico formado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho com Mestrado em Engenharia, pela UFRGS e licenciatura cursada no Programa Especial de Formação de Professores para a Educação Profissional, pela UFSM. Atualmente, trabalha como Professor de Ensino Básico, Técnico e Tecnológico do Colégio Técnico Industrial de Santa Maria (CTISM), escola técnica vinculada à Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), onde ministra disciplinas de Higiene Ocupacional, Segurança do Trabalho, Gerência de Riscos e Toxicologia no Curso Técnico em Segurança do Trabalho e a disciplina de Higiene e Segurança do Trabalho para os Cursos Técnicos em Mecânica e Eletromecânica.