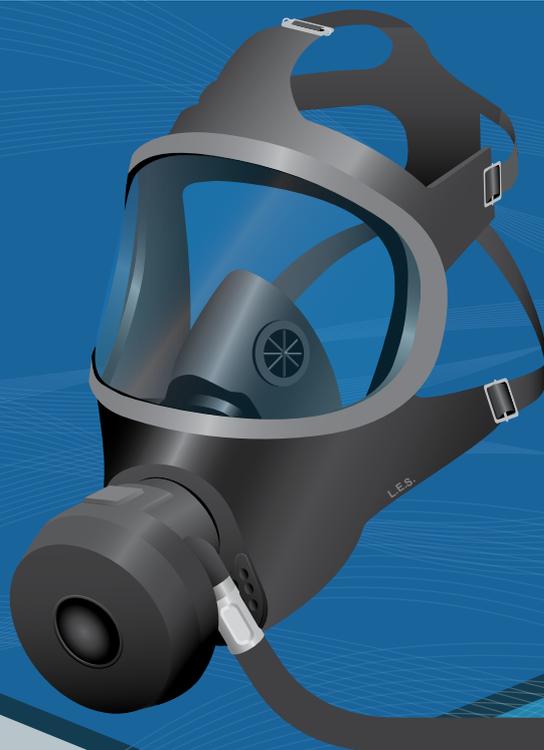


PROTEÇÃO RESPIRATÓRIA PARA ATMOSFERAS IPVS
EQUIPAMENTOS AUTÔNOMOS E DE LINHA DE AR



Patrocínio

Luiz Spinelli

TecnoService
do Brasil Ltda.

 Instituto
Santa
Catarina



PATROCÍNIO

IBR Brasil

www.ibrbrasil.ind.br

Tecno Service do Brasil

www.tecnoservicebr.com.br

Instituto Santa Catarina

www.institutosc.com.br

Luiz Spinelli

www.spinelli.blog.br

luiz@spinelli.blog.br

Copyright © 2021

Direitos reservados

Spinelli, Luiz Eduardo

São Paulo - SP - Brasil

Junho de 2021.



Advertências

É proibida a utilização das imagens contidas nesta obra sem a expressa autorização do autor.

É proibida a venda desta obra.

A reprodução desta obra é permitida somente na sua íntegra, sem exclusões, inserções ou alterações.

Capa de Luiz E. Spinelli

Texto e diagramação de Luiz E. Spinelli

Ilustrações de Luiz E. Spinelli



Justificativas

Entre as formas de intoxicação, estatisticamente, a mais comum é a que acontece através da respiração, ou seja, estamos considerando o alto risco de uma pessoa respirar uma substância tóxica, seja ela na forma de gás, vapor ou partículas que, dependendo da toxicidade, da concentração e do tempo de exposição pode causar graves danos à saúde ou até mesmo provocar a morte.

Embora o tema Proteção Respiratória não seja o mais carente de literatura técnica no Brasil, alguns assuntos específicos sobre esse tema carecem de materiais de estudo. E entre o pouco que existe, a maioria das obras oferecem um estilo de redação e um vocabulário de difícil compreensão para perfil do profissional técnico no Brasil.

O tema proteção respiratória é complexo e vasto, e uma solução para uma abordagem menos extensa é o foco em soluções específicas, como o que está sendo feito neste manual, que está se limitando a apresentar apenas dois sistemas de uso comum no mercado industrial.

O primeiro sistema de proteção respiratória que este manual abordará será o equipamento autônomo, denominado em norma como máscara autônoma. E o que caracteriza esses equipamentos é oferecerem uma quantidade limitada de ar e que é transportada pelo usuário. E a quantidade limitada de ar gera uma autonomia pequena de tempo de uso, por isso são menos empregados em tarefas de trabalho, sendo mais comumente usados para as situações de emergência como resgates e combates a incêndio.

O fato de os equipamentos autônomos (máscara autônoma) não serem envolvidos comumente nas rotinas de trabalho, tem gerado dentro de algumas empresas uma atitude de negligência. Eles são adquiridos, são colocados em posição e modo de prontidão, no entanto, não são inspecionados periodicamente, não sofrem as manutenções preventivas e não contam com profissionais capacitados para utilizá-los.

O segundo sistema de proteção respiratória é o de linha de ar comprimido, popularmente conhecido como ar mandado. E o que caracteriza esse sistema é o fornecimento contínuo de ar respirável e pelo tempo que for necessário. Essa autonomia ilimitada de tempo de uso faz com que sejam aplicados com frequência nas rotinas de trabalho. E embora sejam muito empregados, apenas a experiência prática, sem o estudo teórico, leva muitas vezes a erros na utilização, pelo fato dos gestores e dos trabalhadores não compreenderem o porquê das coisas. E também por não se atualizarem e não se aperfeiçoarem no uso de equipamentos tão técnicos como são os de proteção respiratória, levam muitas vezes os usuários a adquirirem hábitos perigosos.

Esses e outros fatos tornaram-se a motivação para contribuir com o mercado industrial brasileiro com a produção e a disponibilização desta obra.



Objetivo

A produção deste manual visa oferecer um material didático de boa qualidade e ricamente ilustrado, que é disponibilizado para o mercado de forma livre e gratuita.

Entre os muitos tipos diferentes de equipamentos de proteção respiratória, este manual irá focar em duas soluções adequadas ao trabalho em atmosferas Imediatamente Perigosas a Vida e a Saúde (IPVS).

Este material tem o objetivo de beneficiar tanto o trabalhador inexperiente como o profissional que já utiliza esses sistemas e busca o aperfeiçoamento técnico.

Boa leitura!



Este manual não substitui os treinamentos obrigatórios determinados pelo Programa de Proteção Respiratória (PPR).



Você tem acesso a esta obra graças ao investimento das empresas listadas nesta página. Sugiro que você as prestigie buscando conhecer os seus produtos e serviços.

Luiz Spinelli

PATROCÍNIO



IBR Brasil
www.ibrbrasil.ind.br



Tecno Service do Brasil
www.tecnoservicebr.com.br



Instituto Santa Catarina
www.institutosc.com.br

APOIO



ANIMASEG
www.animaseg.com.br



BONIER
www.bonier.com.br/



JORNAL SEGURITO
www.jornalsegurito.com



RESGATE VERTICAL
www.facebook.com/resgatevertical



KAEFY
www.kaefy.com.br/



DTS SERVICE
www.dtservice.com.br/



Giorgia Rafaela
Especialista em Proteção Respiratória
GIORGIA RAFAELA
www.giorgiarafaela.com.br/



GENERAL INSTRUMENTS
www.generalinstruments.com.br



Controle Acima
www.contrroleacima.com



Os manuais sobre Detecção de Gases e Ventilação em Espaços Confinados complementam as informações contidas nesta obra.

O acesso é livre e gratuito através do website de Luiz Spinelli.

www.spinelli.blog.br





ÍNDICE

CAPÍTULO 1 - Definições e conceitos básicos	08
A missão de proteger	09
O ar de que precisamos	10
Porquê e como é absorvido o oxigênio	11
A concentração certa de oxigênio	12
Toxidez	13
IPVS	14
Limites de tolerância	16
Unidades de medida	17
Pressão dos cilindros	28
CAPÍTULO 2 - Proteção respiratória - Uma visão geral	31
A proteção respiratória	32
Equipamentos purificadores de ar	33
Equipamentos de adução de ar	34
Fator de proteção atribuída	37
CAPÍTULO 3 - Equipamentos autônomos	39
Equipamento autônomo de ar comprimido	40
Componentes básicos de um equipamento autônomo	42
Cilindros de ar comprimido	46
CAPÍTULO 4 - Sistemas de linha de ar comprimido	49
Sistema de linha de ar comprimido	50
Componentes básicos do sistema	52
Qualidade do ar	55
Compressores de ar	59
CAPÍTULO 5 - Cuidados, inspeção, limpeza e higienização	65
Cuidados, inspeção, limpeza e higienização	66
A máscara certa	67
Cuidados básicos	69
Inspeções	71
Testes de funcionalidade e segurança	74
Limpeza e higienização	76
Referências	79
Indicação de literatura complementar	80
Agradecimentos	82



CAPÍTULO 1

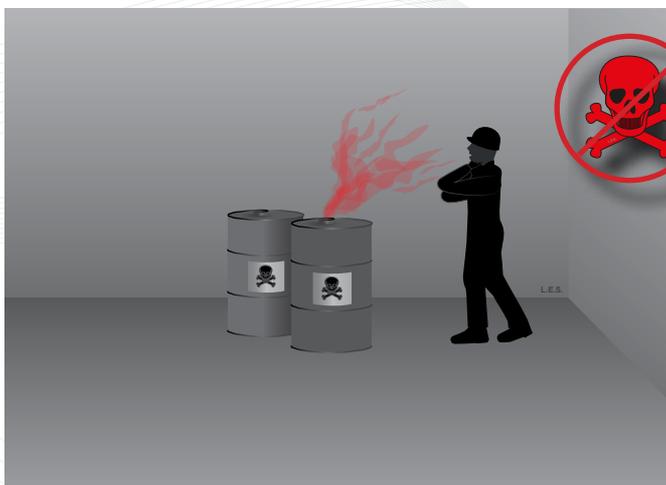
DEFINIÇÕES E CONCEITOS BÁSICOS



A missão de proteger

Desde a chamada revolução industrial, há mais de cem anos, a proteção e o bem estar dos trabalhadores vem ganhando cada vez mais importância na nossa sociedade. Ainda há muito o que progredirmos nessa missão, mas ela nunca foi tão relevante e valorizada como é atualmente.

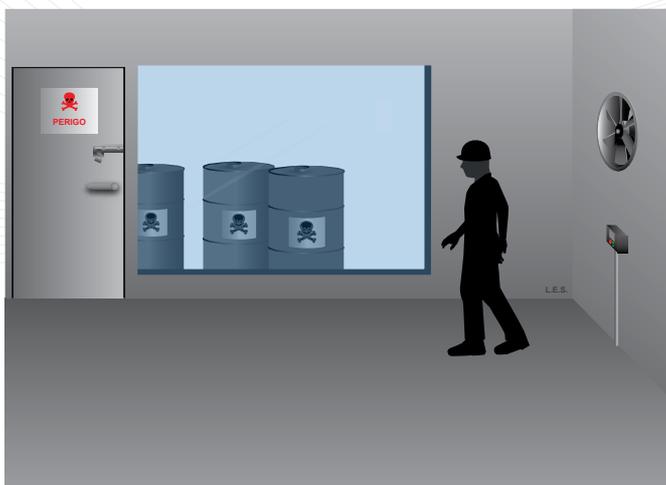
É um fato que os ambientes de trabalho e suas rotinas oferecem muitas fontes de perigo e inúmeros tipos de riscos, e diante disso, para preservar a saúde e a vida dos trabalhadores uma ordem de prioridades deve ser respeitada. Como segue:



Primeiro

Não submeta o trabalhador ao risco

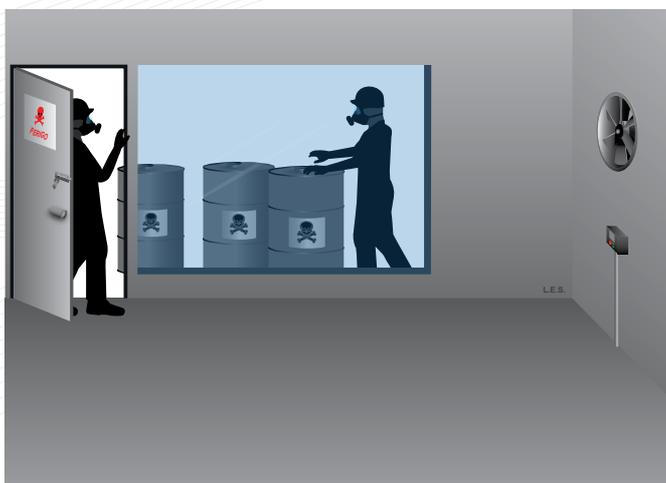
Planejar os trabalhos e os processos de forma que não haja a presença de substâncias perigosas que possam afetar os trabalhadores, ou que eles não tenham que ter contato com os contaminantes.



Segundo

Torne o ambiente seguro

Se não for possível poupar o trabalhador de atividades perigosas, que medidas sejam adotadas para que o ambiente onde ele vai atuar seja seguro.



Terceiro

Adote o EPR

Em situações de emergência, ou quando a implementação das medidas coletivas não for viável, ou estiverem em processo de instalação, ou não forem consideradas suficientes, que as medidas de ordem individual sejam adotadas, como o uso dos Equipamentos de Proteção Respiratória (EPR).



O ar que precisamos

O corpo humano é uma “máquina” extraordinária, complexa e eficiente. E como qualquer outra máquina, precisa ser nutrida de energia e outras necessidades para funcionar, e funcionar bem.

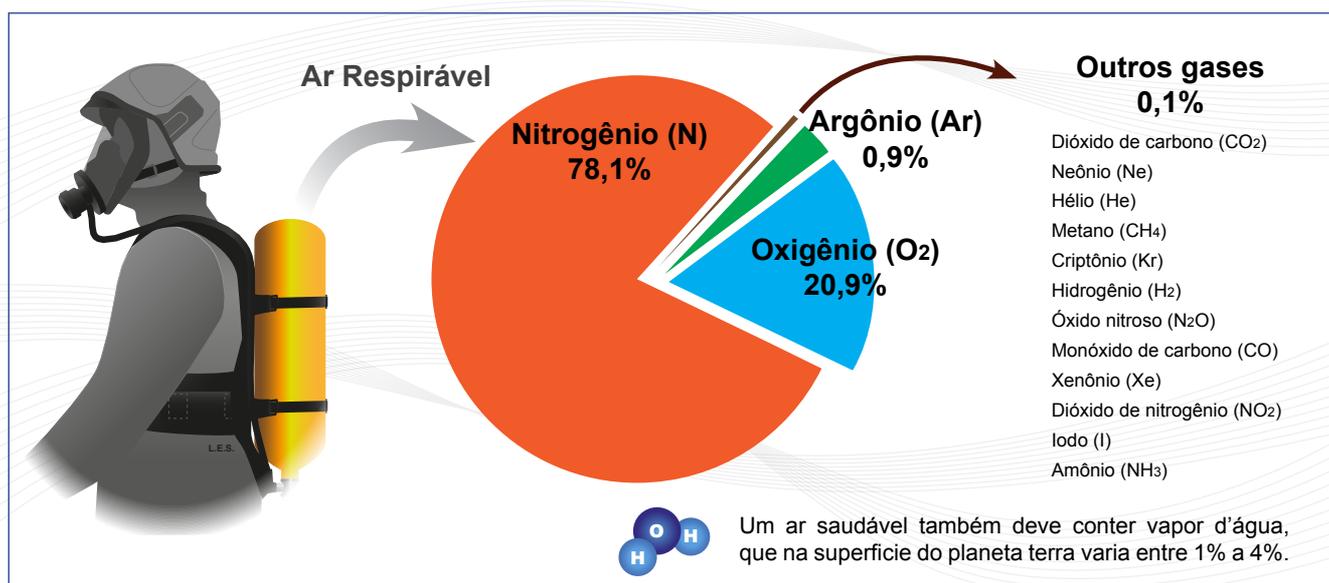
O corpo humano necessita de diferentes fontes para ser nutrido, sendo que os recursos são obtidos através da comida (alimentação), da ingestão de líquidos (hidratação) e da respiração (oxigenação). E entre esses três processos, o de necessidade mais imediata é o da respiração, através da qual o organismo obtém o oxigênio. E a sua demanda é tão urgente para o corpo que, sem ela, em poucos minutos as células começam a morrer, começando pelas do cérebro.

A importância da respiração



Como sabemos, a vida dos seres humanos depende do consumo de oxigênio, e por causa disso é muito comum o equívoco das pessoas em confundir o oxigênio e o ar. São, de fato, relacionados, mas não são a mesma coisa. Por exemplo, quando alguém diz que os bombeiros ou os mergulhadores estão usando um cilindro de oxigênio, na grande maioria das vezes estará errado. Pois a alta concentração de oxigênio respirado por muito tempo pode prejudicar o aparelho respiratório humano. O que os bombeiros e os mergulhadores têm em seus cilindros, considerando as situações mais comuns e os equipamentos básicos, é o que chamamos de Ar Respirável.

Então, o que é o ar respirável? É um conjunto de gases composto principalmente de Nitrogênio (N), Oxigênio (O₂) e Argônio (Ar) e mais de uma dúzia de outros gases em concentrações muito pequenas. Veja o gráfico abaixo:



Porquê e como é absorvido o oxigênio

Que o oxigênio é essencial para a vida de uma pessoa nós já sabemos, no entanto, qual é a função dele no organismo humano? O corpo humano é constituído de trilhões de células, com variedade de formas e funções, e dentro dessa diversidade elas são responsáveis pela defesa do corpo, pela geração de energia, etc. Para se manterem vivas e ativas as células precisam produzir energia e substâncias necessárias ao corpo, e esse trabalho é chamado de metabolismo. E o oxigênio é necessário para que as células humanas realizem o metabolismo.

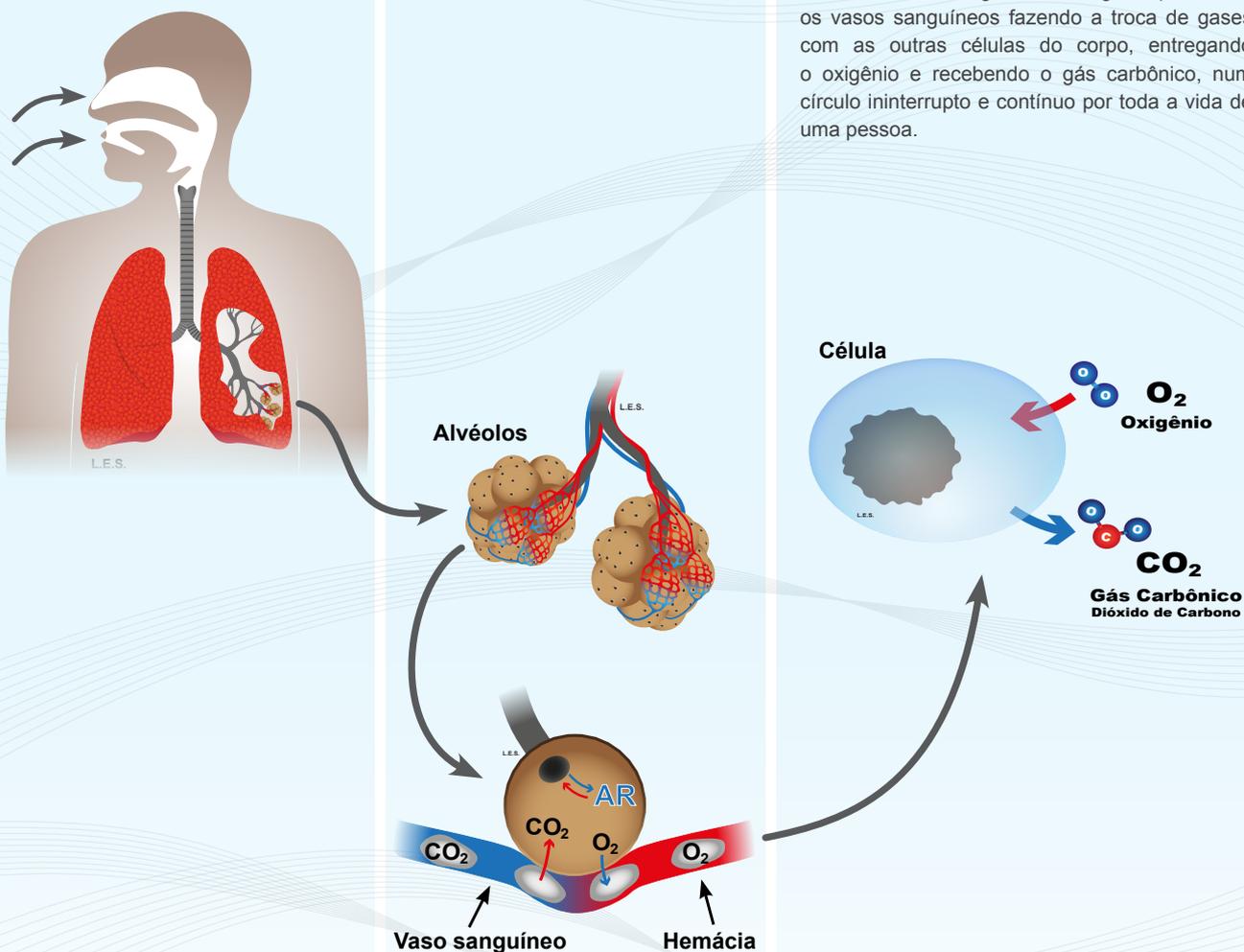
Mas como o oxigênio presente na atmosfera de um ambiente chega até as trilhões de células do nosso corpo? Veja como acontece:

O ar respirável entra no organismo pelo aparelho respiratório superior e alcança os pulmões.

No interior dos pulmões o ar alcança os alvéolos, e é neles que a troca de gases é realizada com o sistema circulatório.

Entre os alvéolos e os vasos sanguíneos acontece a troca de gases, cabendo a célula do sangue chamada de hemácia a função de trazer o gás carbônico para ser liberado para fora do corpo e absorver o oxigênio que está no ar dentro dos alvéolos para transportá-lo.

As hemácias, carregadas de oxigênio percorrem os vasos sanguíneos fazendo a troca de gases com as outras células do corpo, entregando o oxigênio e recebendo o gás carbônico, num círculo ininterrupto e contínuo por toda a vida de uma pessoa.





A concentração certa de oxigênio

Além de precisarmos do suprimento ininterrupto de oxigênio, também precisamos dele numa relação ideal de volume e pressão para que o organismo o absorva adequadamente. E além da insuficiência, o excesso também pode ser um problema grave, seja para o organismo ou para o ambiente.

Como foi abordado no tópico anterior, a maneira comum de quantificar a concentração de oxigênio é a porcentagem de volume, através da qual indicamos qual é a proporção de oxigênio entre um conjunto de gases. Mas esse tipo de medida funciona bem ao nível do mar. Em altitudes onde o ar é rarefeito (menos denso), os 20,9% de oxigênio pode não ser suficiente para manter a vida humana. Por isso é tão ou mais importante considerar a pressão atmosférica e mais especificamente a pressão parcial do oxigênio, assunto este que veremos num tópico futuro.

Mas em altitudes próximas ao nível do mar, pode-se estabelecer os limites seguros ou perigosos de oxigênio usando a porcentagem de volume, como segue:

> = maior < = menor ≥ = igual ou maior ≤ = igual ou menor (') - Imediatamente Perigoso à Vida e a Saúde

> 23%

Concentrações maiores de oxigênio tornam o ambiente perigoso, pois aumentam as chances de incêndios e explosões.

≤ 23%

Este é o limite máximo de concentração de oxigênio numa atmosfera considerada segura, desde que a causa do valor superior de oxigênio seja conhecida e que hajam medidas para monitorar e controlar essa concentração.

20,9%

Esta é a concentração normal de oxigênio no nosso planeta, portanto, a concentração ideal para uma atmosfera segura.

≥ 19,5%

Este é o limite mínimo de concentração de oxigênio numa atmosfera considerada segura, desde que a causa do valor reduzido seja conhecida e que hajam medidas para monitorar e controlar essa concentração.

≥ 18%

Abaixo desse valor a atmosfera é considerada insuficiente de oxigênio, portanto, os equipamentos de proteção respiratória filtrantes, que dependem do oxigênio do ambiente não são apropriados, devendo-se utilizar os respiradores independentes.

< 12,5%

Abaixo desse valor a atmosfera é IPVS¹, podendo gerar efeitos graves e imediatos no corpo humano.



Toxidez

A falta ou excesso de oxigênio não é o único problema para a segurança dos trabalhadores num ambiente de trabalho. O risco mais recorrente é o da atmosfera estar envenenada, ou seja, conter alguma substância em meio aos gases que compõem o ar em uma quantidade acima do limite seguro ou conter alguma substância exótica e perigosa. Essas substâncias são denominadas tóxicas.

Segundo os dicionários, tóxica é toda a substância que tem a propriedade de envenenar. Que pode afetar o sistema nervoso ou fazer mal à alguma outra parte do organismo.

Dentro do nosso contexto, tóxico é o gás, o vapor e a partícula que de alguma forma provoca alteração em algum tecido do corpo humano, prejudicando as suas funções normais, podendo provocar danos temporários ou permanentes, ou até mesmo a morte.

O quanto uma substância tóxica pode afetar uma pessoa depende de três fatores básicos, como segue.

Fatal
Perigoso
Controlável
Inofensivo



Intensidade

O quanto a situação é nociva para os trabalhadores? Qual é a quantidade do contaminante presente no ar, ou qual é o grau de agressividade dessa substância para o corpo humano? As respostas para estas questões determinam se a situação é inofensiva, moderada ou altamente perigosa para as pessoas.



Tempo de exposição

Este fator é determinado pelo tempo necessário para que uma substância afete a saúde do trabalhador. Algumas substâncias podem colocar uma pessoa em risco somente se o tempo de exposição for muito longo (muitas horas por muitos dias). Outras substâncias, que sejam muita agressivas ao corpo humano, mesmo em baixas concentrações, podem prejudicar a saúde de uma pessoa com pouquíssimo tempo de exposição ou, até mesmo, colocar a vida dela em risco de forma imediata.



Sensibilidade individual

Sobre este fator não há forma de controle. As pessoas podem apresentar maior ou menor sensibilidade ao terem contato com uma determinada substância. Ao contato com um contaminante em uma atmosfera de um ambiente de trabalho alguns trabalhadores podem apresentar sintomas muito mais rapidamente do que os percebidos em outros, ou com efeitos mais ou menos severos em diferentes pessoas.



I.P.V.S.

A sigla IPVS significa Imediatamente Perigoso à Vida e a Saúde, e é usada para classificar uma condição muito grave em um ambiente de trabalho.

As definições utilizadas no Brasil para classificar essa situação tem como fonte órgãos americanos como o NIOSH, sigla em inglês que traduzida significa Instituto Nacional de Segurança e Saúde Ocupacional e a OSHA que em português significa Administração de Segurança e Saúde Ocupacional, ambas dos Estados Unidos da América.

A condição IPVS é muito grave em um ambiente de trabalho, e pode ser gerada pela presença de contaminantes no ar, como é destacado pelo NIOSH, ou numa abordagem mais ampla, como a adotada pela OSHA, as fontes de perigo podem ser variadas, considerando todo e qualquer risco atmosférico que possa existir em um local de trabalho, que além de químicos incluem os térmicos e pneumáticos (insuficiência de oxigênio, gases super-resfriados, superaquecidos, câmaras hiperbáricas ou hipobáricas, submersas e etc).

Abaixo está transcrito um trecho do livro de autoria do Maurício Torloni e do Antonio Vladimir Vieira, intitulado Manual de Proteção Respiratória, edição de 2003, publicado pela ABHO, sobre a definição de IDLH (*Immediately Dangerous to Life or Health*) atribuída ao NIOSH. Para ajudar o entendimento dessa definição vamos separá-la em duas partes, como segue:

Primeira parte

É a concentração de um contaminante, considerada Imediatamente Perigosa à Vida ou a Saúde. Refere-se à exposição respiratória aguda, que supõe uma ameaça direta de morte ou consequências adversas irreversíveis à saúde, instantânea ou retardada, ou exposições agudas aos olhos que impeçam a fuga da atmosfera perigosa.

Segunda parte

A concentração IPVS (IDLH) é o nível máximo de exposição, durante 30 minutos, na qual um trabalhador pode escapar na eventualidade de o respirador falhar, sem perda de vida ou ocorrência de efeito irreversível à saúde, imediato ou retardado.

Observação: Um artigo de autoria da NOAA's Office of Response and Restoration, instituição governamental dos Estados Unidos, alega que desde a década de 90 não se atribui mais um intervalo de tempo para exposição a uma atmosfera IPVS.

Na primeira parte da definição acima devemos compreender a condição IPVS como uma exposição aguda, ou seja, pode prejudicar a saúde de um trabalhador ou mesmo levá-lo a morte com pouco tempo de exposição ou até mesmo de forma imediata. Trata-se de uma condição tão perigosa para o ser humano que pode não dar chances ao trabalhador de escapar do local de perigo caso o respirador que o protege venha a falhar.

A definição de IPVS da OSHA é:

“uma atmosfera que representa uma ameaça imediata à vida, com potencial de causar efeitos prejudiciais à saúde ou prejudicar a capacidade de um indivíduo de escapar de uma atmosfera perigosa.”

Percebe-se que as definições do NIOSH ou da OSHA se assemelham, devendo destacar que a OSHA não especifica o tipo de risco. E a similaridade está no fato de ambas as definições considerarem a condição IPVS de uma atmosfera com extrema gravidade, pelo potencial para causar danos severos e até mesmo fatais e de forma imediata.



A segunda parte da definição de IPVS atribuída ao NIOSH, tem a ver com a presença de contaminantes na atmosfera do local de trabalho, e que orienta o estabelecimento de limites de concentração para estes contaminantes.

Esses limites são obtidos por meio de testes em animais e devem oferecer alguma margem de segurança, ou seja, os limites determinados pelo NIOSH devem garantir que um trabalhador consiga escapar da atmosfera perigosa mesmo que o seu respirador venha a falhar. A situação continua sendo muito grave, por isso, para que a saúde e a vida da pessoa não sejam comprometidas ela deve sair da situação de perigo imediatamente.

No passado os americanos adotavam um limite de tempo de exposição em condições IPVS (valor máximo) de trinta minutos, mas isso foi abandonado e substituído pela ideia de que um trabalhador não deve se expor a uma atmosfera IPVS sem a devida proteção respiratória e caso aconteça dele repentinamente ficar exposto ao perigo que o escape seja imediato.

Para compreender melhor essas duas diferentes condições na definição de IPVS, podemos usar como exemplo o gás Amônia. O limite IPVS da Amônia, segundo o NIOSH, é de 500 partes por milhão (ppm) de concentração. Este valor teve como origem o resultado de testes que demonstraram que há uma tolerância humana para uma concentração entre 300 a 500 ppm, por um intervalo de tempo entre 30 a 60 minutos (tolerância máxima de exposição curta). Ou seja, este limite oferece uma margem de segurança para um trabalhador que atua num ambiente contaminado por Amônia e que repentinamente venha a perder a proteção respiratória. No entanto, com uma concentração maior de Amônia essa margem de segurança pode não existir. Com uma concentração a partir de 2.500 ppm a condição é perigosa a vida, e a partir de 5.000 ppm ela se torna fatal.

Portanto, apesar dos valores limites estabelecidos para os contaminantes oferecerem uma pequena margem de segurança, se a concentração desses contaminantes num ambiente de trabalho for superior o risco de efeitos nocivos a saúde ou o risco de morte podem ser imediatos e sem chances de fuga.

O recomendável é encarar uma condição atmosférica IPVS sempre como potencialmente fatal quando não há a proteção respiratória adequada.

Um condição atmosférica deve ser classificada como IPVS quando:

- O contaminante não foi identificado ou quantificado;
- O contaminante ultrapassa o limite IPVS;
- O ar do ambiente está numa temperatura muito alta para ser respirado;
- A relação de volume e pressão de oxigênio não é segura;
- Qualquer outra condição numa atmosfera com potencial para prejudicar a saúde ou colocar em risco a vida do trabalhador de forma imediata.

Unidades de medida

Ao ler um texto técnico podemos nos deparar com símbolos e representações que fogem do conhecimento comum e dos hábitos cotidianos. Por exemplo, ao ler sobre os critérios para estabelecer se uma atmosfera deve ou não ser classificada como Imediatamente Perigosa a Vida e a Saúde (IPVS), é possível se deparar com dados como ppO_2 de 760 mm Hg. Para quem não sabe ou não lembra a definição de pressão atmosférica, não sabe ou não lembra o que é pressão parcial, não sabe ou não lembra os símbolos químicos do Oxigênio e do Mercúrio, uma informação como essa vai parecer uma língua alienígena.

E o que são as unidades de medida?

Exemplos de unidades para medir a bitola de um cabo elétrico.

As unidades de medida representam quantidades de coisas ou de sensações. Tudo o que pode ser contado ou medido é chamado de grandeza, e as unidades de medida são representações das grandezas físicas de muitas coisas diferentes e de muitas áreas do conhecimento. Por exemplo, são com elas que podemos determinar a passagem do tempo, a quantidade de farinha numa receita de bolo, o comprimento de um tecido ou a distância entre cidades.

Diferentes unidades para medir a mesma coisa

Exemplos de diferentes unidades de medida para uma mesma grandeza.

32.800 pés (ft) equivale a **10.000 metros**

1 milha terrestre (mi)

equivale a

1,6 quilômetro (km)

Além de existir uma imensa quantidade de coisas a serem medidas, existe também diferentes unidades de medida para medir uma mesma coisa. Por exemplo, para medir o peso de um objeto podem ser usadas as unidades quilograma força (kgf), libra força (lbf) e Newton (N). Um outro exemplo que existe é o das unidades usadas para medir distâncias. No Brasil usamos o quilômetro (km), enquanto nos Estados Unidos usa-se normalmente a milha terrestre (mi). Parte dessas diferenças existe por causa do sistema imperial ou sistema inglês. E mesmo o sistema imperial apresenta variações como as usadas pelos Estados Unidos, que difere em parte, das usadas pela Inglaterra.

O Sistema Internacional (SI)



Imagine a dificuldade em envolver pesquisadores ou projetistas de diferentes países num mesmo projeto, com cada um utilizando um sistema métrico diferente. E há casos reais de projetos que fracassaram por causa da falha em utilizar duas unidades diferentes de medida dentro de um mesmo sistema.

Para viabilizar a cooperação e o intercâmbio entre países, em 1960, durante a Conferência Geral de Pesos e Medidas (CGPM), na França, foi criado o Sistema Internacional (SI) de unidades de medida. Essa iniciativa gerou um padrão internacional.

Mas a criação do Sistema Internacional (SI) não afetou hábitos cotidianos, como, por exemplo, o uso das unidades “galão” ou “libra” nos Estados Unidos. Por isso, o uso do Sistema Internacional (SI) prevalece nos meios industrial, científico e acadêmico.

Na prática

Dentro do contexto deste manual, para que a descrição de sistemas e tecnologias seja compreensível, será necessário utilizar algumas grandezas e as suas respectivas unidades de medidas padronizadas pelo Sistema Internacional (SI). E para ajudar na compreensão de algumas dessas medidas, será oferecida uma abordagem didática que incluirá algumas referências de valores para fim de comparação.

Abaixo são apresentadas algumas das grandezas e unidades de medidas (SI) que serão utilizadas neste manual.

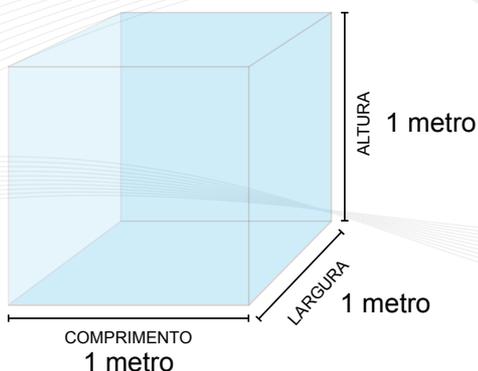
GRANDEZA	UNIDADE DE MEDIDA	SÍMBOLO DA UNIDADE
Volume	metro cúbico	m ³
Vazão volumétrica	metro cúbico por segundo	m ³ /s
Pressão	pascal	Pa
Força	newton	N
Tempo	segundo	s
Comprimento	metro	m
Massa	quilograma	kg
Temperatura Celsius	grau Celsius	°C



Volume

Abordaremos quantidades de ar, seja sobre o consumo ou sobre o armazenamento, e por isso será imprescindível entender ou relembrar o que é volume.

O volume é a quantidade de espaço que um corpo ocupa, lembrando que qualquer objeto sólido apresentará três dimensões, que é o comprimento, a largura e a altura. E por isso são chamados de tridimensionais. E até mesmo uma folha de papel, por mais fina que seja, apresentará as três dimensões.



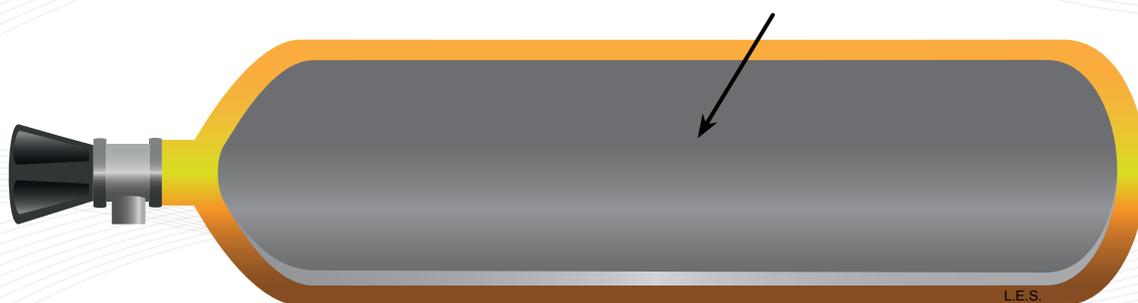
Devemos lembrar que a unidade (SI) para medir o volume é o metro cúbico (m^3). O metro cúbico é o espaço tridimensional ilustrado ao lado.

Um metro cúbico (m^3) é um espaço formado por 1 metro de comprimento, por 1 metro de largura e por 1 metro de altura.

Volume dos gases

O foco será o volume do ar respirável, e para determinarmos esse volume precisamos relembrar que a matéria em estado gasoso não tem uma forma ou um volume próprio. É composta principalmente por moléculas não unidas, expandidas e com pouca força de atração entre si, assim os gases podem se expandir até ocupar todo o volume do recipiente que os contém. Então, a maneira para calcular a quantidade de gases dentro de um cilindro é conhecer o seu volume interno.

Sob efeito apenas da pressão atmosférica, um cilindro com um volume interno de $0,006 m^3$ conterá $0,006 m^3$ de ar respirável.



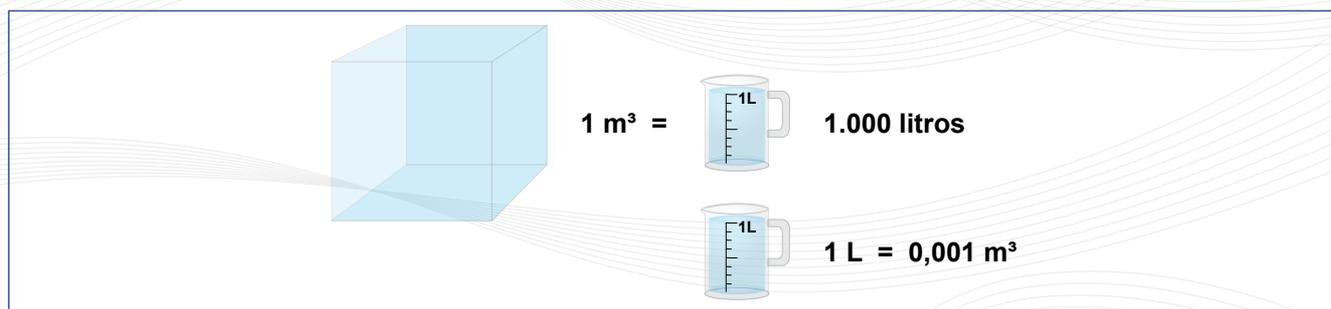


Volume em litros

Ao abordarmos os equipamentos de proteção respiratória, na grande maioria das vezes vamos lidar com volumes relativamente pequenos de ar, e teríamos que usar frações do metro cúbico para dimensionar esses volumes. No item anterior tivemos um exemplo disso, em que consideramos o volume interno do cilindro com 0,006 m³.

Para o tipo de medida que teremos que usar, podemos considerar uma outra unidade que é o litro, cujo símbolo é a letra L (maiúscula ou minúscula).

Essa unidade é considerada pelo Sistema Internacional, embora não faça parte da lista oficial. O Litro corresponde a 0,001 m³ ou 1 m³ corresponde a 1.000 litros.



Consumo de ar de um ser humano

Usaremos a unidade Litro para determinar o consumo de ar de um ser humano. E os números apresentados aqui ajudarão a compreender os limites de alguns equipamentos que serão abordados nos capítulos futuros.

O volume de ar que um ser humano precisa consumir varia, pois, fatores como a idade, a condição de saúde, o peso, o consumo de energia, o número de respirações por minuto e a intensidade da atividade física interferem no volume de ar que uma pessoa precisa consumir em um determinado tempo.

As referências sobre os valores de consumo também variam entre as diferentes fontes de informação, mas podemos considerar alguns valores mais comuns para efeito de comparação.

Considerando uma pessoa adulta, em idade de trabalhar e com boa condição de saúde, em cada inspiração ela pode inalar meio litro de ar. Considerando um ritmo normal de respiração, ela apresentará de 12 a 15 respirações por minuto. Numa operação simples de multiplicação chegaremos ao resultado de 6 a 7,5 litros de ar por minuto. Porém, como foi abordado, vários fatores interferem no processo respiratório, aumentando em muito o consumo de ar. Seguem alguns valores gerais de referência:

Entre o estado de repouso e as atividades leves:

de 6 a 30 litros por minuto (l/min)

Em trabalhos pesados:

de 35 a 80 litros por minuto (l/min)

Em atividades extremas e em intervalos curtos de tempo:

de 90 a 130 litros por minuto (l/min)

Considerando que um ser humano respira em média 25 l/min em situações sem grandes consumos de energia, em situações de trabalho o valor considerado será o dobro. Ou seja, considera-se que um profissional numa atividade que envolva um esforço maior irá consumir 50 litros por minuto (l/min). Mas esse valor é somente uma referência, e pode não se aplicar em alguns casos quando, em virtude do condicionamento físico do trabalhador, da intensidade do trabalho e do estado emocional da pessoa o consumo poderá ser maior, muito maior.



Vazão

Vazão é o volume de um determinado fluido, como o ar, passando por um duto por um determinado intervalo de tempo, ou seja, uma certa quantidade de ar passando por, por exemplo, uma mangueira de ar por um segundo, por um minuto ou por uma hora.

A unidade de medida para a vazão volumétrica no Sistema Internacional é o metro cúbico por segundo (m^3/s), porém, em virtude dos valores envolvidos nos sistemas de proteção respiratória a unidade mais utilizada é o litro por minuto (l/min).

Especificamente para os compressores de ar, o mercado costuma utilizar uma outra unidade de medida que é o PCM (pés cúbicos por minuto). Um pé cúbico (1 ft^3) equivale a $0,028$ metros cúbicos (m^3), ou a aproximadamente 28 litros.

Exemplo



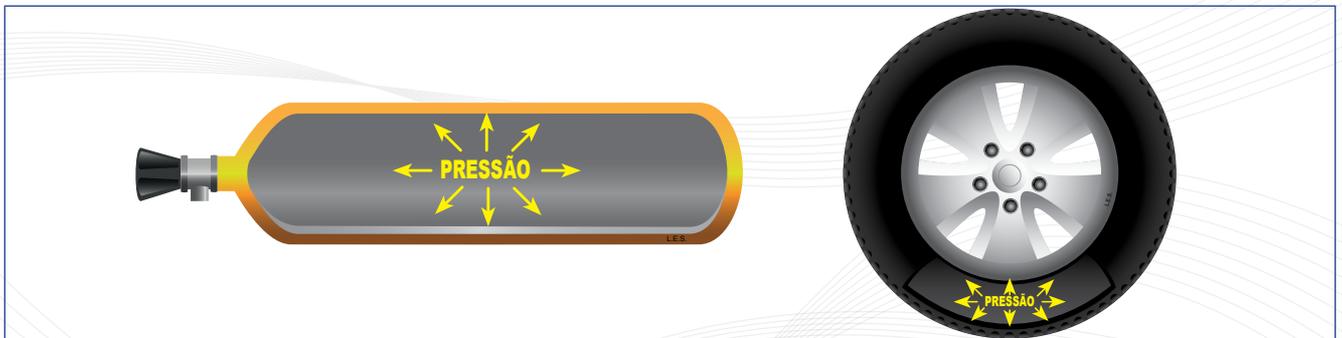
Pressão

Força exercida sobre uma área



A pressão é a força aplicada sobre uma determinada área. Ela acontece quando pressionamos um dedo sobre o braço de alguém. Nessa situação haverá uma força sendo exercida na área de contato entre a ponta do dedo e a superfície do braço. Por exemplo, quando é exercida uma força de 1 quilograma força (1 kgf) sobre uma área de 1 centímetro quadrado (1 cm²). E esse tipo de força é chamada de pressão.

A pressão pode ser exercida por líquidos, gases e sólidos, e em muitos casos é aplicada em todas as direções.



A grandeza pressão é muito utilizada no ambiente industrial, e por isso é comum o uso de várias unidades de medida. A unidade de medida utilizada pelo Sistema Internacional é o pascal, que considera o Newton por metro quadrado (N/m²) e cujo símbolo é Pa. O valor de 1 pascal (Pa) equivale aproximadamente a 1 quilograma força por centímetro quadrado (kgf/cm²). Mas existem outras unidades em uso.

Por causa da forte presença e influência da indústria americana e europeia no Brasil, ainda são muito utilizadas unidades como o bar e o psi. O psi, como exemplo, tem origem no antigo sistema imperial inglês, mas vem sendo substituído gradualmente pela unidade pascal, que pertence ao Sistema Internacional. A unidade milímetro de mercúrio (mm Hg) é utilizada para medir a pressão atmosférica e a pressão parcial dos gases que compõem o ar. E estes são apenas alguns exemplos das diferentes unidades de medida para pressão.

Conheça quais são as diferentes unidades de medida e a relação com a unidade pascal:

A unidade pascal e a relação com outras unidades

Sistema Internacional (SI)		Unidades alternativas			
Nome	Símbolo		Símbolo	Nome	
PASCAL	Pa	1 Pa =	0,00001	ba	BAR
			0,00014	psi	PSI (libra-força por polegada quadrada)
			0,0000098	Atm	ATMOSFERA
			0,0075	mm Hg	MILÍMETRO DE MERCÚRIO
			0,1	kgf/cm ²	QUILOGRAMA FORÇA POR CENTÍMETRO QUADRADO
			0,0001	mca	METRO COLUNA D'ÁGUA

PSIA e PSIG

O manômetro é um equipamento que mede a pressão de fluidos, que no contexto deste manual trata-se do ar. Quando o manômetro utiliza a unidade PSI (libra-força por polegada quadrada) ele pode indicar a sigla PSIG. Mas o que é isso?

Ao utilizar a unidade PSI podem existir duas escalas diferentes, que é o PSIA e PSIG. A letra A indica a pressão absoluta, originada da palavra em inglês “*absolute*”. A letra G se origina da palavra em inglês “*Gauge*”, cuja tradução é manômetro ou manométrico.

Na escala da pressão absoluta (PSIA) a base é o 0 absoluto, o vácuo perfeito, então quando afirmamos que a pressão atmosférica, a nível do mar, é de 14,7 PSIA estamos dizendo que existe 14,7 psi de pressão acima do 0. Já a escala PSIG é relativa, e sempre que nos referimos a uma medida relativa significa que está sendo usada um outra como referência, que no caso é a pressão atmosférica. Todo valor de PSIG está acima da pressão atmosférica, e é possível existir valores positivos e negativos.

Para se obter a pressão absoluta (PSIA) é necessário somar os valores da pressão atmosférica e da pressão relativa (PSIG).

PSIA = pressão absoluta

Utiliza como referência o 0 absoluto, o vácuo perfeito.

PSIG = pressão manométrica (relativa)

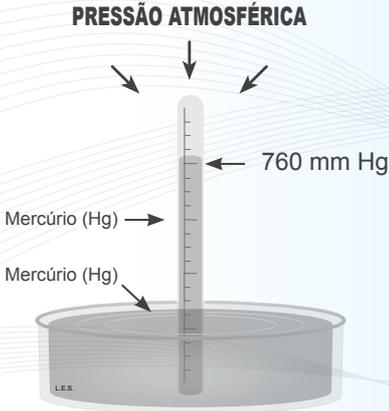
Utiliza como referência a pressão atmosférica.



MANÔMETRO

Pressão atmosférica

O primeiro gás a ter a sua pressão medida foi o ar atmosférico. A experiência aconteceu no ano de 1643, e foi realizada pelo físico e matemático italiano Evangelista Torricelli. A técnica que ele empregou ficou conhecida como tubo de Torricelli, também conhecida como barômetro de mercúrio.



Torricelli encheu um tubo de vidro com mercúrio e o mergulhou num recipiente também contendo mercúrio. Ao fazer isso ele observou que o mercúrio desceu e se estabilizou a uma altura de 76 cm (760 mm). Diante disso ele concluiu que o nível do mercúrio no tubo de vidro indicava a pressão atmosférica. Sendo assim, podemos afirmar que a pressão exercida pelo ar atmosférico ao nível do mar é de 760 milímetros de mercúrio (760 mm Hg), lembrando que Hg é o símbolo químico do mercúrio.

Pressão parcial (pp)

Foi abordado em um dos itens anteriores que o ar atmosférico, ou ar respirável, é formado por uma combinação de gases, sendo que os mais relevantes são o Nitrogênio (N), o Oxigênio (O₂) e com uma concentração muito pequena existem o Argônio (Ar) e o Dióxido de Carbono (CO₂), que juntos formam quase 1% da composição, além de vários outros gases, todos com concentrações muitíssimo pequenas.

A pressão exercida pelo ar atmosférico é formada pela soma da pressão de cada um desses gases. E a contribuição de cada um deles é chamada de pressão parcial (pp).

Para uma melhor compreensão, vamos considerar que a pressão atmosférica do ar ao nível do mar é de 760 milímetros de mercúrio (760 mm Hg), e que na sua composição existe aproximadamente 21% de Oxigênio (O₂). Num cálculo simples podemos concluir que a pressão parcial (pp) do Oxigênio (O₂) é de aproximadamente 160 mm Hg (760 mm Hg x 0,21). Podemos conferir a exatidão desse cálculo computando os outros principais gases, como segue:

Valores aproximados			
Oxigênio (O ₂) - 21%	=	ppO ₂	160 mm Hg
Nitrogênio (N) - 78%	=	ppN	593 mm Hg
Argônio (Ar) e Dióxido de Carbono (CO ₂) - 1%	=	ppAr + ppCO ₂	7 mm Hg
Pressão total - 100%	=		760 mm Hg

E daí?!

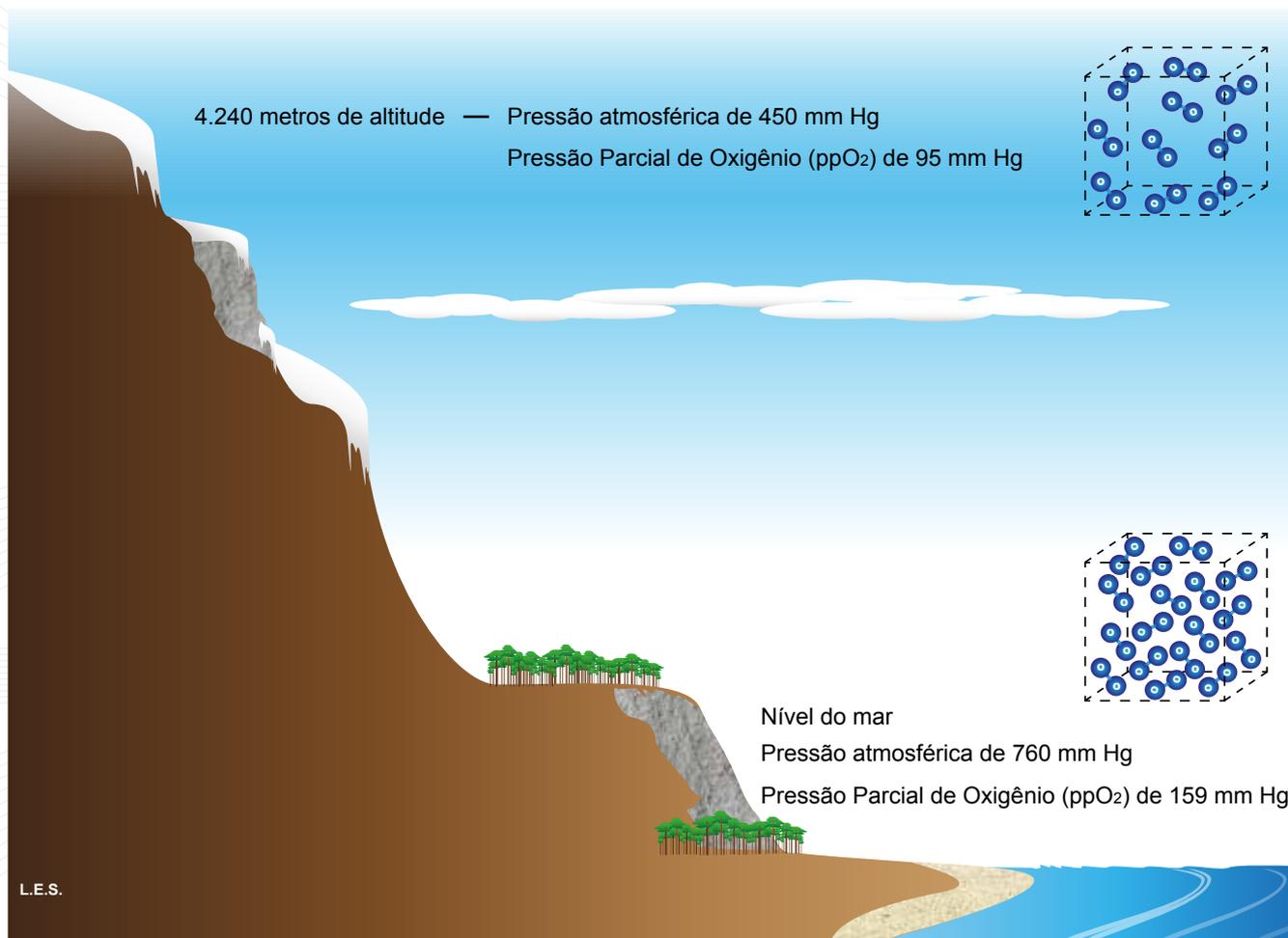
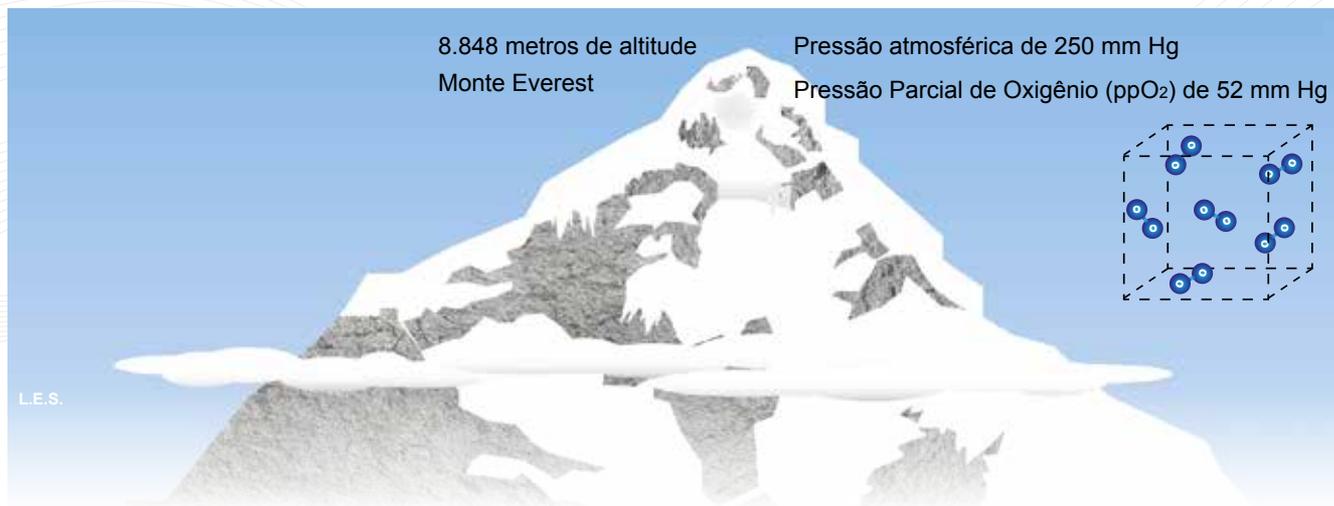
Se dissermos para alguém que ele terá 10% de participação em um lucro, isso não bastará para a pessoa avaliar se isso é muito ou pouco. Dez por cento de um milhão de reais são cem mil reais, e dez por cento de um mil reais são 100 reais. Então, a porcentagem, isoladamente, não determina o valor exato. Precisamos conhecer o valor sobre o qual essa porcentagem será aplicada para então se alegrar ou entristecer. O mesmo acontece para a presença de oxigênio em uma atmosfera. Para determinarmos com mais exatidão o quanto de oxigênio haverá disponível para ser respirado é necessário sabermos qual a pressão dessa atmosfera.

Vinte e um por cento da atmosfera ao nível do mar é muito diferente de vinte e um por cento da atmosfera na altitude do pico do Monte Everest, onde o ar é muito rarefeito, ou seja, onde há a presença de muito menos moléculas de cada um dos gases.



A pressão parcial de oxigênio (ppO₂)

Em trabalhos realizados em altitudes acima do nível do mar ou em ambientes fechados onde a pressão atmosférica é artificialmente alterada, mais importante do que o volume de oxigênio é a pressão parcial desse gás presente no ambiente. Sem uma pressão parcial mínima o organismo humano pode não absorver as moléculas de oxigênio, ou pode absorvê-las em quantidade insuficiente.





Concentração e pressão do oxigênio na atmosfera do ambiente de trabalho

Critérios baseados no Programa de Proteção Respiratória – FUNDACENTRO – 2016

Tratando-se de um espaço confinado, o local é considerado IPVS quando o teor de oxigênio for menor que o normal, ou seja, 20,9% ou uma ppO_2 de 159 mm Hg ao nível do mar. A exceção se aplica aos casos em que a causa da redução do teor de oxigênio seja conhecida e devidamente monitorada e controlada.

Um local é considerado IPVS quando o teor de oxigênio é menor que 12,5% ao nível do mar ou, em função da altitude, a **ppO_2 for menor que 95 mm Hg**.

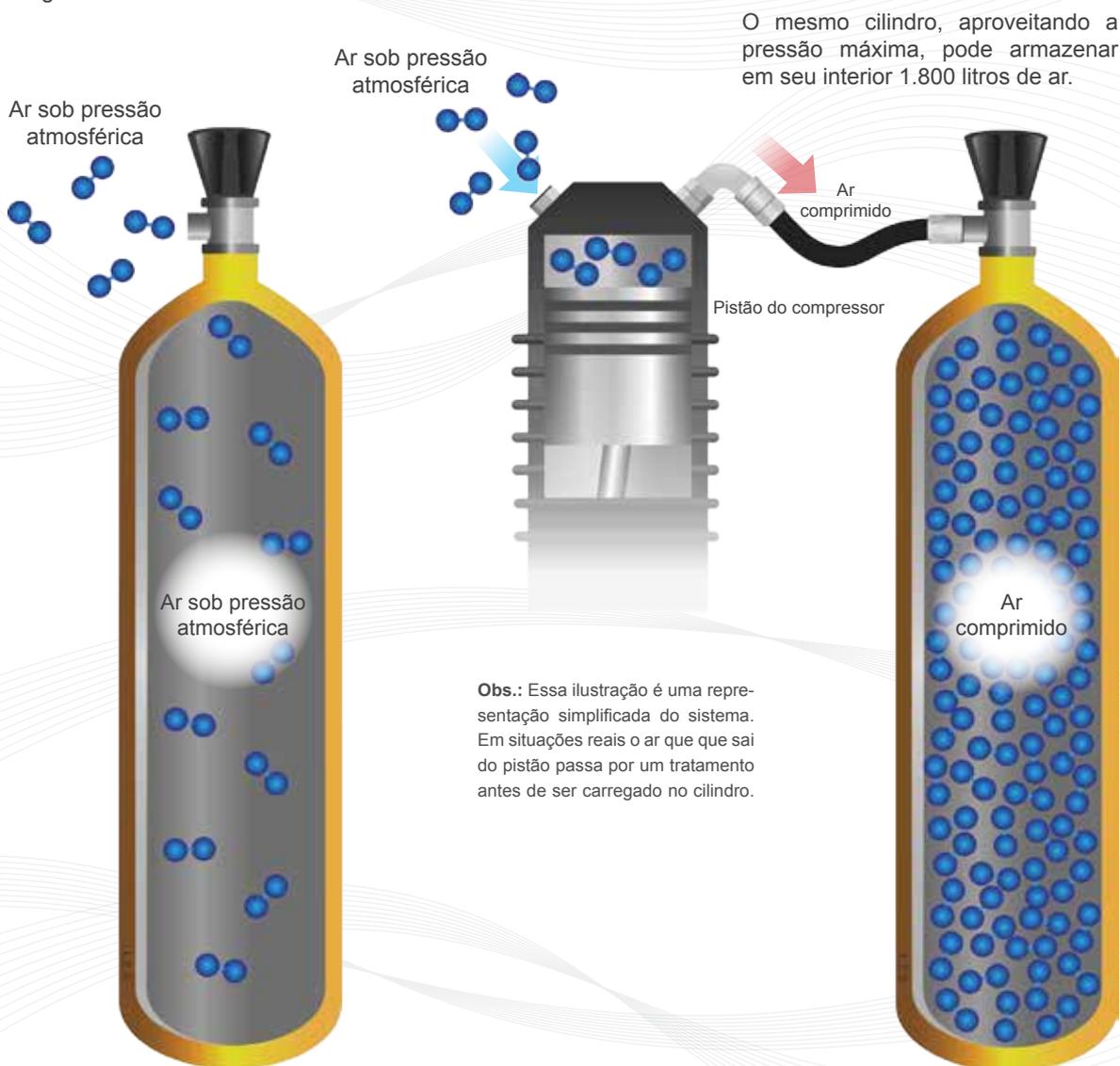
Um local é considerado IPVS quando atuarem nele indivíduos aclimatados ao nível do mar, mas **a pressão atmosférica do local de trabalho é menor que 450 mm Hg** (equivalente a 4.240 m de altitude). Ou seja, pessoas cujos organismos não estão adaptados a uma pressão parcial de oxigênio menor do que 95 mm Hg. Lembrando que ao nível do mar a ppO_2 normal é de 159 mm Hg.

Um local é considerado IPVS **quando houver qualquer combinação de redução na porcentagem de oxigênio ou redução na pressão** que leve a uma pressão parcial de oxigênio menor que 95 mm Hg ($< ppO_2$ 95 mm Hg).

Volume x Pressão

No item em que foi abordado o volume, foi usado como exemplo um cilindro de ar com uma capacidade interna de 6 litros (0,0006 m³). Isso significa que sob o efeito apenas da pressão atmosférica o cilindro pode armazenar 6 litros de ar. Mas esse volume é muito pouco para suprir as necessidades de uma atividade. Os 6 litros de ar é consumido em um minuto e por uma pessoa em estado de repouso, então, para ser útil em uma atividade de trabalho ou numa operação de emergência esse mesmo cilindro tem que oferecer um volume muito maior de ar. E como resolver isso? A solução está em comprimir dentro dele uma quantidade maior de ar. Em outras palavras, a solução é apertar dentro do cilindro o máximo de ar que for possível.

Um cilindro com um volume interno de 0,0006 m³, que equivale a uma capacidade de 6 litros, apenas sob o efeito da pressão atmosférica pode armazenar 6 litros de ar, o que sabemos ser uma quantidade insignificante.



Obs.: Essa ilustração é uma representação simplificada do sistema. Em situações reais o ar que sai do pistão passa por um tratamento antes de ser carregado no cilindro.



Pressão dos cilindros

No tópico anterior abordamos a forma como os cilindros armazenam um volume maior de ar respirável, que é sob pressão. Sabemos que a unidade do Sistema Internacional para pressão é o pascal (Pa), no entanto, são utilizados normalmente outras duas unidades de medida para determinar a pressão de um cilindro. Se fosse utilizada a unidade pascal (Pa) ou o quilopascal (kPa), teríamos números muito grandes, por isso a unidade mais utilizada é o Bar (ba), e alguns fabricantes utilizam o psi. Exemplificando, um cilindro que pode suportar 300 bar de pressão, com esse valor convertido para pascal o número seria de 30 milhões de pascal (Pa) ou 30 mil quilopascal kPa.

A pressão que pode ser aplicada nos cilindros depende principalmente da tecnologia utilizada na sua construção. É comum que cilindros de aço ofereçam 200 bar de pressão, e os de composite (camadas de vários materiais) ofereçam 300 bar de pressão. E existem cilindros com valores menores e maiores de pressão.

Valores aproximados

300 bar de pressão equivale a:

30.000.000 Pa (Pascal)

4.350 psi (libra-força por polegada quadrada)

306 kgf/cm² (quilogramas força por centímetro quadrado)

Volume de ar nos cilindros

Para sabermos a quantidade exata de ar que um cilindro pode armazenar devem ser considerados dois valores, que é o volume interno em litros e a pressão do ar comprimido. Se a indicação da pressão do cilindro utilizar a unidade bar, o cálculo é muito simples. Basta multiplicar o volume pela pressão. Veja o exemplo:

Volume interno do cilindro: 7 litros

Pressão: 300 bar

$$7 \times 300 = 2.100$$

o cilindro pode armazenar 2.100 litros de ar respirável.

Quando o fabricante utiliza a unidade psi para indicar a pressão do cilindro, é necessário fazer a conversão para bar antes de calcular o volume de ar. Um bar equivale a 14,7 psi, mas para a simplificação do cálculo é admissível arredondar esse valor para 15. Uma vez feita a conversão, basta repetir a operação descrita acima. Veja o exemplo:

Volume interno do cilindro: 6 litros

Pressão: 3.000 psi

conversão de psi para bar

$$\frac{3.000}{15} = 200 \text{ bar}$$

6 L x 200 bar = 1.200 litros de ar



Autonomia e reserva de segurança

Existe um procedimento de segurança adotado pelos bombeiros que é manter uma reserva de 50 bar no suprimento de ar. Isso significa que nos cálculos da autonomia é subtraído 50 bar de pressão. Para ficar mais fácil de entender, vamos calcular o tempo de ar com o qual um bombeiro pode contar, considerando alguns valores comuns. Um cilindro de 7 litros de volume, 300 bar de pressão e um consumo de 50 litros de ar por minuto.

Capacidade do cilindro

Volume interno do cilindro: 7 litros

Pressão: 300 bar

$$7 \times 300 = 2.100$$

Autonomia do cilindro

Consumo na respiração: 50 litros por minuto

$$\text{Tempo de duração do ar: } 2.100 \text{ L} / 50 \text{ L/m} = 42 \text{ minutos}$$

A autonomia do cilindro é de 42 minutos.

Obs: essa autonomia varia conforme o consumo de ar que pode ser maior ou menor.

Com a reserva de segurança

Volume interno do cilindro: 7 litros

Pressão: 300 bar - reserva de 50 bar = 250 bar

$$7 \text{ litros de volume} \times 250 \text{ bar} = 1.750 \text{ litros de ar}$$

Consumo na respiração: 50 litros por minuto

$$\text{Tempo de duração do ar: } 1.750 \text{ L} / 50 \text{ L/m} = 35 \text{ minutos}$$

A autonomia do cilindro é de 35 minutos com a reserva de segurança.

Na prática esse procedimento visa preparar o bombeiro ou o trabalhador com uma expectativa de tempo de atividade, de modo que ele não seja surpreendido com o alarme de baixa pressão.

Existe no Brasil a exigência normativa para que o alarme de baixa pressão seja acionado quando a pressão do cilindro reduzir para 50 bar ou para uma pressão que garanta no mínimo 200 litros de ar restante. Essa pequena reserva existe para que o usuário tenha chance de abandonar o local de perigo e retornar para uma área segura. Mas com o estresse do alarme e o esforço físico de se locomover para um lugar seguro, essa reserva pode oferecer apenas 4 minutos ou menos de ar. E vem daí a necessidade do usuário de se programar para abandonar o local de risco antes que o alarme dispare.



IBR Fênix Micro



Equipamento Autônomo IBR Fênix

Segurança, Resistência e Qualidade

A IBR possui uma linha completa de **Equipamentos de Proteção Respiratória**, que proporcionam ao usuário mobilidade e segurança em espaços confinados.



Saiba mais em: ibrbrasil.ind.com.br
ou acesse pelo **QR Code**.

Entre em contato: **11 3834-4737 | 11 3834-5960**

Acesse nosso site e conheça nosso portfólio de produtos.



IBR Brasil. Agora em novo endereço:

Rua Pasadena 169 - Jd Belisario - Cond. Industrial San José - Cotia - SP 06175-864

Copyright © IBR. Todos nossos produtos estão em conformidade com a *norma NR 33*.



CAPÍTULO 2

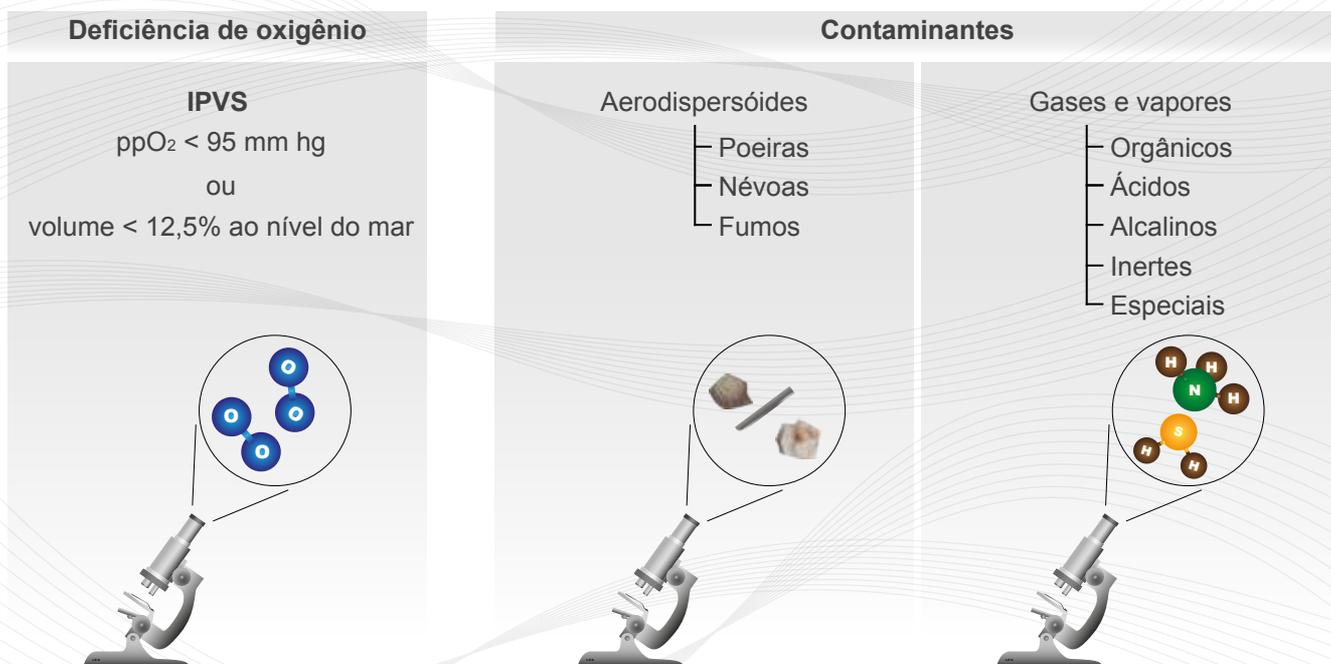
Proteção respiratória

Uma visão geral



A Proteção Respiratória

A proteção respiratória é uma medida que visa proteger os trabalhadores de qualquer risco oferecido pela atmosfera de um local de trabalho, e cuja rota de contaminação seja através das vias aéreas. E que riscos são esses? Pode ser a insuficiência de oxigênio no ar do ambiente, ou pode ser a presença de substâncias tóxicas em concentrações acima dos limites de tolerância e que podem afetar a saúde ou colocar em risco a vida de pessoas. Veja um resumo:



Para proteger os trabalhadores da diversidade de riscos que podem existir em uma atmosfera, existem tipos diferentes de equipamentos de proteção respiratória que são classificados em grupos seguindo alguns critérios.

Para simplificar a apresentação dessa variedade, podemos adotar dois grupos básicos de equipamentos, cujos critérios são a forma de atuação, ou seja, como eles protegem o trabalhador, ou a relação deles com a presença ou a deficiência de oxigênio, sendo denominados dependentes, quando dependem do oxigênio presente na atmosfera ou os independentes, quando fornecem o ar de uma outra fonte e não dependem do oxigênio existente no ambiente de trabalho. São eles:



Purificadores ou dependentes

O primeiro grupo inclui os equipamentos denominados de purificadores, ou filtrantes, ou dependentes, e são equipamentos que purificam o ar que será respirado pelo trabalhador, filtrando as substâncias específicas e nocivas que estejam contaminando a atmosfera. Eles dependem do oxigênio existente no ambiente de trabalho.



De adução de ar ou independentes

O segundo grupo inclui os equipamentos que fornecem ar respirável. São utilizados em situações em que a atmosfera do local de trabalho não é segura para ser respirada, nem mesmo com o uso de máscaras filtrantes. Esses equipamentos são denominados adutores de ar ou independentes, já que não dependem do ar do ambiente.

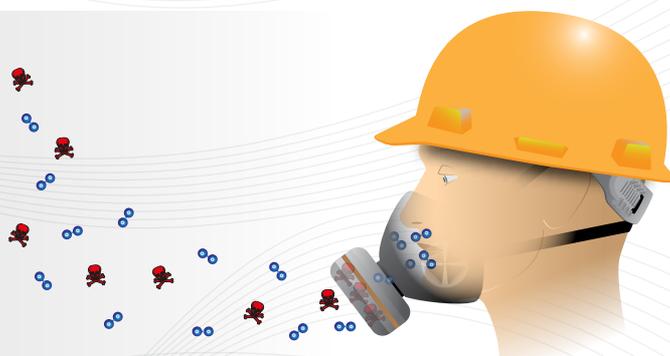


Equipamentos purificadores de ar ou dependentes

A função desses equipamentos é o de filtrar o ar, retendo as substâncias específicas que podem afetar a saúde do trabalhador. E quando usamos a expressão “substâncias específicas” estamos abordando uma característica técnica desses equipamentos que é a de oferecer filtros próprios para determinados contaminantes. Por exemplo, uma máscara pode proteger um indivíduo de partículas como poeiras, e pode ser próprio para um determinado tamanho de partícula. Ou pode oferecer filtros para substâncias químicas presentes na atmosfera em forma de gases ou vapores, e destinados a grupos específicos de substâncias, como ácidas, alcalinas e etc. Portanto, a eficiência deles depende de se conhecer o contaminante e selecionar o equipamento apropriado.

Dentro das suas limitações, existe a dependência do oxigênio presente na atmosfera do local de trabalho. Eles funcionam como um filtro para água, que não fornece água, apenas a purifica. Do mesmo modo, os equipamentos filtrantes não fornecem oxigênio, apenas purificam o ar do ambiente de trabalho que será respirado.

Os filtros que compõem os equipamentos purificadores permitem a passagem do ar respirável, mas funcionam como uma barreira para substâncias específicas que sejam nocivas ao corpo humano.



Esses equipamentos existem em uma grande variedade, podendo ser próprios para situações de fuga ou para usos mais prolongados, podem ser descartáveis ou reutilizáveis, apresentar um formato que cubra apenas o nariz e a boca, ou podem cobrir todo o rosto protegendo nariz, boca e olhos, ou até mesmo toda a cabeça. E o que todos eles têm em comum é serem de uso individual, portanto, trata-se de equipamentos de proteção individual.

Abaixo estão representados alguns exemplos dessa variedade, que não representam todas as tecnologias disponíveis, mas as mais comuns.

Equipamentos cujo fluxo de ar dependem do esforço natural de respiração



Semifacial descartável

Para filtrar particulados



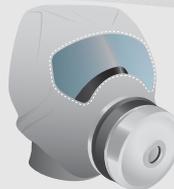
Semifacial reutilizável

Para filtrar particulados, químicos ou ambos dependendo dos filtros utilizados



Facial inteira

Para filtrar particulados, químicos ou ambos dependendo dos filtros utilizados



Capuz

Para filtrar particulados, químicos ou ambos dependendo dos filtros utilizados

Equipamentos com fluxo de ar motorizado



Capuz



Capacete e viseira



Bomba de ar motorizada



Equipamentos de adução de ar ou independentes

Existem situações em que os equipamentos purificadores (filtrantes / dependentes), não podem oferecer a proteção adequada. Por exemplo, em atmosferas IPVS, seja pela alta concentração do contaminante ou pela deficiência de oxigênio. Os equipamentos purificadores também não são uma opção de proteção quando não é possível a identificação do contaminante, ou não é possível medir a concentração do contaminante presente na atmosfera.

Uma outra limitação, já abordada, sobre os equipamentos purificadores de ar, é que não fornecem oxigênio, e se esse não existir na atmosfera em quantidade suficiente o trabalhador estará exposto a um grave risco.

Existem outras situações em que não é aconselhável respirar o ar do ambiente de trabalho como, por exemplo, quando esse ar estiver numa temperatura muito alta para ser respirado.

Em todos esses casos a solução apropriada será fornecer ao trabalhador um ar saudável de uma outra fonte, como é feito pelos sistemas de ar comprimido que coletam o ar de um ambiente externo ou fornecem o ar armazenado em cilindros de ar comprimido.

Entre os sistemas de ar comprimido, os dois mais utilizados são os equipamentos autônomos (máscara autônoma) ou os de linha de ar, também conhecidos como ar mandado. Sendo esses dois sistemas o foco deste manual.

E entre os sistemas de adução de ar, existe uma variedade de tecnologias como, por exemplo, os equipamentos autônomos de circuito aberto ou circuito fechado e as suas variações. Existem sistemas de linha de ar de baixa pressão, de alta pressão, de fluxo contínuo ou de demanda. E para fim de simplificação, este manual abordará as soluções de ar comprimido, com pressão positiva e sob demanda.

Além da variação das fontes de suprimento de ar, também existe uma variedade de peças faciais, como a semifacial, a facial inteira, o capuz, o capacete, entre outros. Mas este manual irá focar na peça facial inteira com válvula de demanda, por ser a opção adequada aos ambientes com atmosferas IPVS.

Equipamento autônomo
(máscara autônoma)



Sistema de linha de ar comprimido
(ar mandado)





Entre as soluções que envolvem o fornecimento de ar comprimido respirável existe uma variedade de equipamentos, cujos principais são representados nas próximas duas páginas, começando pelos autônomos e seguidos pelos de linha de ar. Os destacados em azul são o foco deste manual.

Equipamentos autônomos (máscara autônoma)

Circuito aberto

O equipamento autônomo (máscara autônoma) é um equipamento que possui um suprimento portátil de ar comprimido armazenado em um cilindro instalado em um suporte e carregado nas costas do usuário. O ar fornecido é independente da atmosfera do ambiente de trabalho. O ar respirável dentro do cilindro supre a máscara (peça facial) e é utilizado pela respiração do trabalhador. O ar exalado é expelido para o meio externo através de uma válvula de exalação. E esse processo caracteriza o circuito aberto.



Circuito fechado

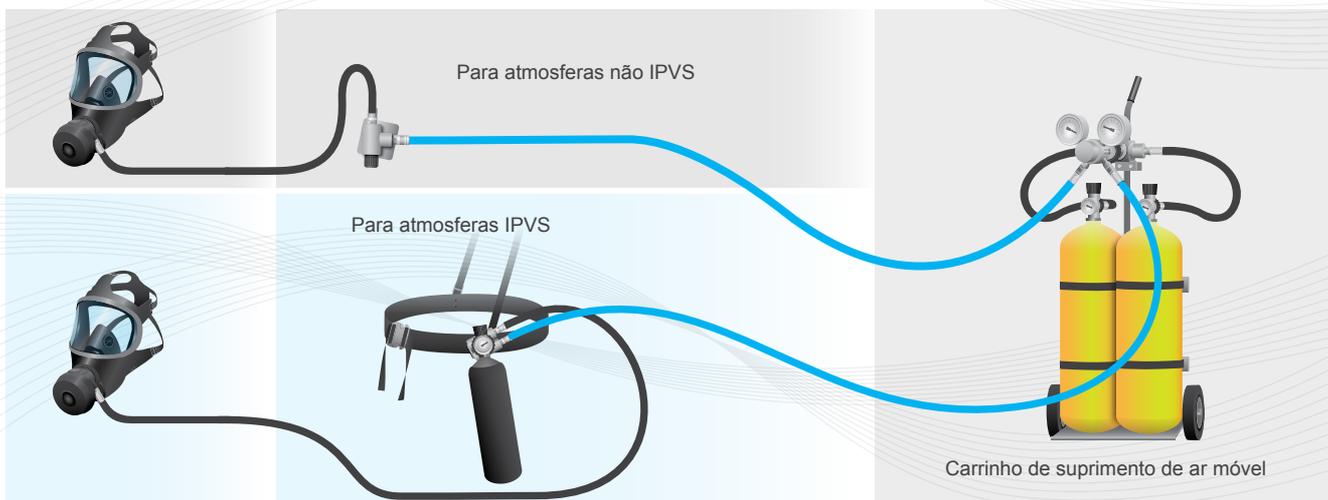
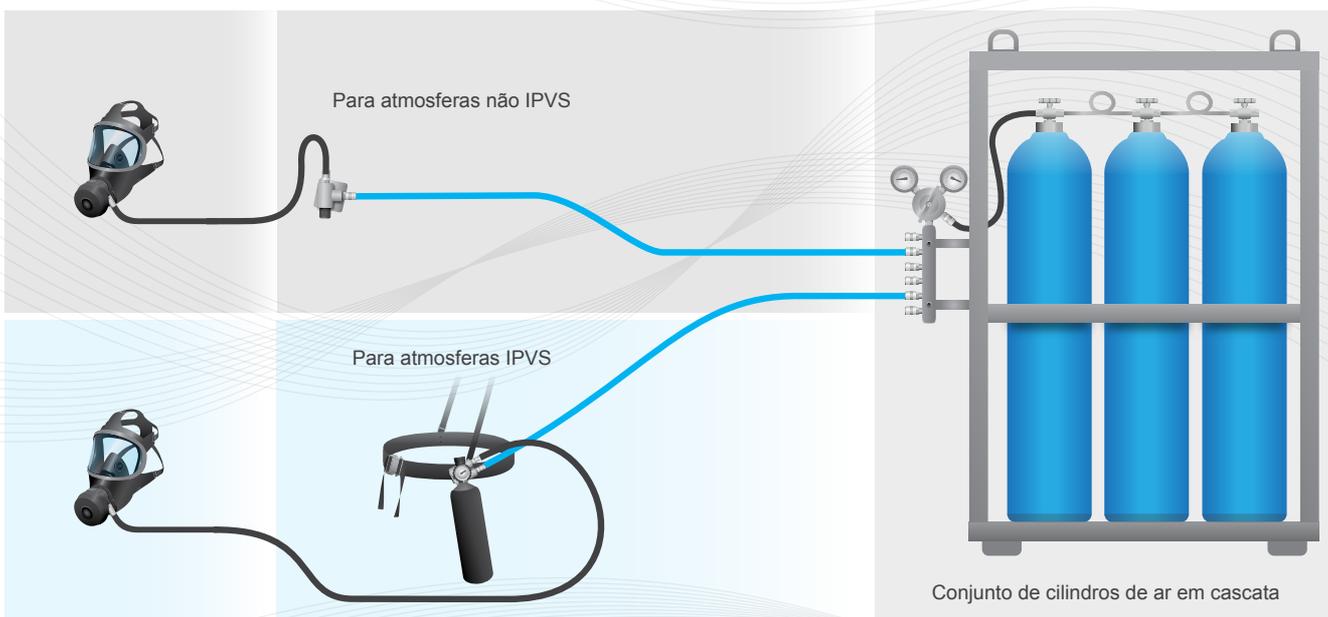
O equipamento autônomo de circuito fechado tem um propósito semelhante ao do circuito aberto, porém, trata-se de um sistema mais complexo e que oferece como principal vantagem um suprimento muito maior de ar respirável. Embora existam mais de uma tecnologia para o suprimento de oxigênio, o mais comum se constitui de um sistema fechado de reciclagem de ar, onde o ar exalado pela respiração volta ao sistema, tem o gás carbônico filtrado e o oxigênio absorvido pela respiração é repostado por um cilindro de oxigênio comprimido. E assim o ar renovado volta para a peça facial para ser respirado.



Sistemas de linha de ar (ar mandado) - ar respirável comprimido sob demanda de pressão positiva

A apresentação abaixo é uma simplificação. Ela não apresenta todas as opções ou variações para a montagem dos sistemas.

Imagens fora de escala. Meramente ilustrativas





Fator de Proteção Atribuído (FPA)

Esse fator tem a ver com a eficiência do respirador para proteger o trabalhador, pois a maioria dos equipamentos de proteção respiratória conseguem apenas reduzir a quantidade de contaminante que será respirado pelo usuário. Por exemplo, numa atmosfera contaminada com poeira, uma máscara filtrante semifacial pode reduzir em 10 vezes a quantidade de partículas que o usuário vai respirar. Então, numa atmosfera contaminada com 40 mg/m³ de poeira suspensa no ar, com o uso do respirador adequado e usado de forma correta, espera-se que o trabalhador respire no máximo 4 mg/m³ ao longo do período de trabalho. E isso somente será aceitável se esse valor estiver abaixo do limite de tolerância determinado para o tipo de contaminante presente na atmosfera.

Para cada tipo ou classe de respirador há um valor atribuído para determinar o grau de proteção que ele proporcionará. Esses valores variam entre 5 e 10.000, e são válidos se o uso do equipamento obedecer aos vários requisitos determinados pelo programa de proteção respiratória (PPR), destacando-se a seleção correta do respirador, da adequação do modelo a anatomia do rosto do usuário, ao uso contínuo e correto do equipamento como resultado de um bom treinamento, entre outros requisitos.

Não existe equipamentos que ofereçam 100% de proteção, ou seja, que possam garantir que o usuário, em momento algum, não irá respirar alguma dose do contaminante, mas existem tecnologias que oferecem um grau muito elevado de proteção, como os respiradores de adução de ar com pressão positiva.

Este tópico é importante para enfatizar a importância dos respiradores abordados neste manual.

Veja a comparação do Fator de Proteção Atribuído (genérico) para alguns equipamentos representados abaixo:



Máscara descartável semifacial **FPA = de 5 a 10**



Máscara reutilizável semifacial **FPA = 10**



Máscara facial inteira **FPA = 100**



Purificador motorizado **FPA = 1.000**



Linha de ar comprimido **FPA = 1.000**



Equipamento autônomo **FPA = até 10.000**

Porque segurança é fundamental!

Especialistas em manutenção de equipamentos de proteção respiratória.



Fit-Test Quantitativo Eletrônico

Teste eletrônico de eficiência de vedação de máscara.

A maneira mais confiável de garantir a proteção de usuários de máscaras.



Calibração Eletrônica em Conjunto Autônomo

Certificação digital com Garantia de atingir os padrões internacionais requeridos, assim como os do fabricante do seu equipamento.

Evolução em tecnologia de manutenção e a tranquilidade para uso seguro em situações de emergência.



Teste Hidrostático

Testes realizados com sistema isento de óleo atendendo todos os requisitos normatizados.

Nossos instrumentos são calibrados e garantidos pela RBC.



CAPÍTULO 3

Equipamentos autônomos



Equipamento Autônomo de Ar Comprimido

A denominação

Existe uma norma técnica específica para este tipo de equipamento, que é a ABNT NBR 13716, que o denomina Máscara Autônoma de Ar Comprimido, no entanto, o emprego da palavra Máscara para designar o conjunto deveria ser revisto. A palavra máscara existe no vocabulário da língua portuguesa e significa “peça com que se cobre parcial ou totalmente o rosto”. Por isso, em algumas frases e textos o termo Máscara Autônoma para designar o conjunto de proteção respiratória torna-se confuso. E como a palavra máscara é designada para o conjunto, tornou-se necessário empregar o termo Peça Facial para nomear a verdadeira máscara que cobre o rosto do usuário.

No mercado brasileiro são adotados cotidianamente outros termos como Conjunto Autônomo, Equipamento Autônomo ou Equipamento de Proteção Respiratória Autônomo. Neste manual foi adotado a designação Equipamento Autônomo.

Caracterização

O que caracteriza esse tipo de proteção respiratória é o fato de o usuário transportar nas costas o suprimento de ar que irá respirar. Porém, essa única característica não é suficiente para especificar o tipo de equipamento. Para sermos mais específicos temos que determinar que o foco deste manual é o equipamento autônomo de ar comprimido, de circuito aberto, de demanda com pressão positiva. Os tópicos seguintes ajudarão a compreender essas designações.



Tipos de equipamentos

No capítulo anterior foi apresentado dois tipos de equipamentos autônomos, que foram os de circuito aberto e o circuito fechado. A tecnologia dos equipamentos de circuito fechado não será abordada neste manual.

E para os modelos de circuito aberto a norma técnica ABNT NBR 13716 determina dois tipos, que são o tipo I para uso industrial e o tipo II para combate a incêndio, cuja diferença encontra-se na resistência ao calor de alguns dos componentes do conjunto.

Por padrão, o que ambos os tipos apresentam em comum é fornecerem ar com uma válvula de demanda e com uma pressão positiva no interior da peça facial (máscara).



Vantagens e desvantagens

A lista de vantagens desse tipo de equipamento inclui a rapidez com que se pode equipar um trabalhador da indústria ou um bombeiro e deixá-lo pronto para a ação. A outra vantagem importante é a mobilidade que ele proporciona para o usuário, já que o suprimento de ar o acompanha durante todo o tempo sem ter que puxar longas mangueiras por caminhos muitas vezes tortuosos.

Quando todos os procedimentos de carregamento do cilindro e da manutenção do conjunto são rigorosamente adotados, o controle sobre a qualidade do ar que será respirado pelo usuário é uma outra importante vantagem desse tipo de equipamento.

Mas uma desvantagem quando comparado com o sistema de linha de ar (ar mandado), é o de oferecer um suprimento limitado de ar. O usuário pode contar somente com a quantidade de ar que ele está transportando dentro do cilindro. Se esse suprimento não for suficiente para o tempo da tarefa, o usuário precisa interromper a atividade, se deslocar para um local seguro e proceder a substituição do cilindro vazio por um outro cheio.

O fato de ter que transportar o conjunto nas costas impõe para o usuário o peso do equipamento e em locais apertados pode criar dificuldades em se movimentar, com o cilindro esbarrando, batendo ou se prendendo nas superfícies. E os eventuais choques do equipamento com as essas superfícies pode gerar danos no cilindro.

Autonomia

No contexto deste manual a palavra autonomia é aplicada para determinar o tempo de fornecimento de ar oferecido por um cilindro. Ou seja, quanto tempo o usuário terá para respirar o ar de um cilindro com um determinado volume e uma determinada pressão.

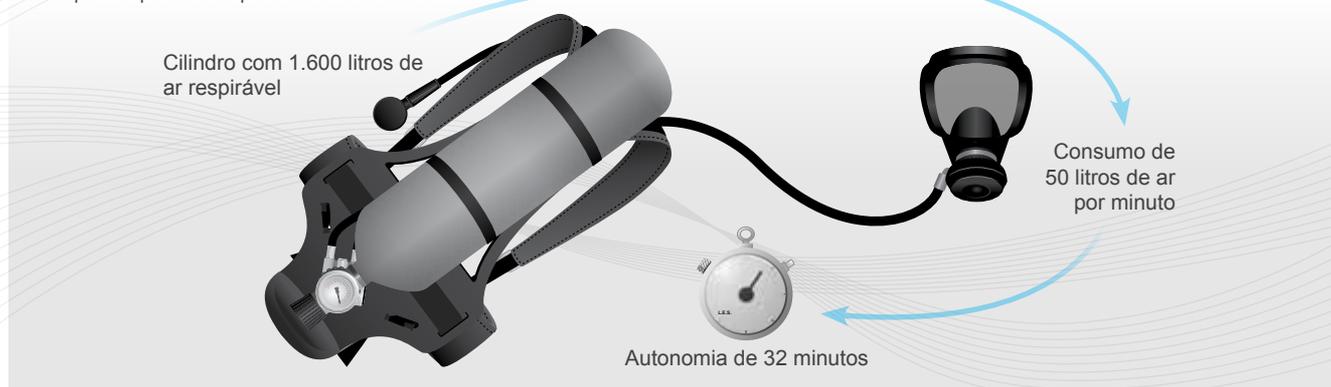
O que determina essa autonomia (tempo) são dois fatores, que é o consumo de ar do usuário e quantidade de ar armazenado dentro do cilindro. Sendo que ambos os valores são muito variáveis.

A capacidade dos cilindros varia muito, e mesmo entre os modelos mais utilizados, a quantidade de ar comprimido pode variar entre 1.600 e 2.700 litros, considerando cilindros entre 6,8 e 9 litros de volume e pressão de 300 bar.

O consumo humano varia ainda mais, podendo uma pessoa consumir, por exemplo, os 1.600 litros de ar de um cilindro em 15 minutos ou menos, enquanto uma outra pessoa pode estender essa autonomia consumindo essa mesma quantidade de ar ao longo de mais de 50 minutos.

Os fatores que geram essa diferença de consumo incluem o esforço físico empregado pelo usuário na tarefa em que ele está envolvido, no seu condicionamento físico, no seu estado de saúde e no seu estado emocional. Porém, existem alguns valores utilizados como referência como o consumo humano de 50 litros de ar por minuto, e com base nesse consumo uma quantidade mínima de 1.600 litros de ar no cilindro para se obter uma autonomia mínima de 30 minutos. Mas é necessário enfatizar que esses valores são apenas parâmetros, são apenas referências que tem como base condições comuns, sendo as mais esperadas para uma situação real, contudo, no cotidiano das atividades laborais o desempenho pode variar muito entre diferentes pessoas.

Exemplos de parâmetros para definir a autonomia



Componentes básicos de um equipamento autônomo

Abaixo são apresentados os principais componentes do conjunto autônomo de ar comprimido sob demanda e de pressão positiva. Também são oferecidos comentários para os itens numerados.

1 Peça facial inteira

Este modelo de máscara é o padrão para os sistemas de ar comprimido de pressão positiva por oferecer uma boa vedação.

2 Válvula de demanda

É o último estágio e tem a função de fornecer ar acompanhando o ritmo respiratório do usuário. Também tem a função de regular a pressão e a vazão de ar para uma condição respirável.

3 Válvula redutora de pressão

É o primeiro estágio do sistema de ar comprimido e tem a função de reduzir significativamente a pressão do ar que sai do cilindro e vai para a válvula de demanda, bem como suprir o manômetro.

4 Cilindro de ar comprimido

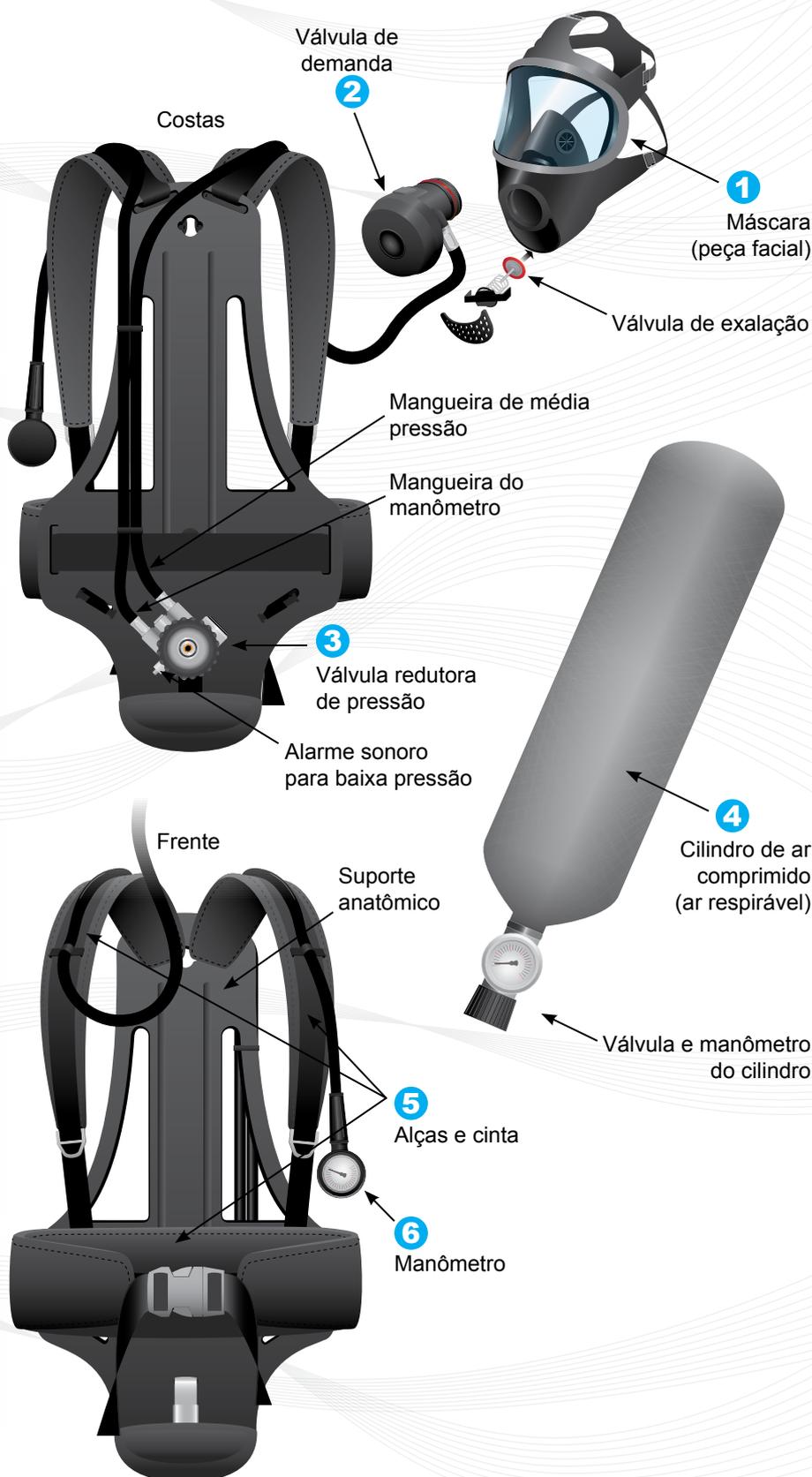
Armazena ar respirável sob alta pressão.

5 Alças e cinta

Juntamente com o suporte anatômico são responsáveis por manter o conjunto sustentado pelo corpo do usuário de forma estável, segura e confortável.

6 Manômetro

Poder ser analógico ou digital e tem a função de indicar a pressão do ar dentro do cilindro, fornecendo ao usuário a condição de avaliar a quantidade e o tempo de suprimento desse ar.



Componentes básicos de um equipamento autônomo

A seguir será oferecida uma descrição melhor dos principais componentes do equipamento autônomo.



Peça facial inteira

Como já abordamos neste manual, os tipos de cobertura das vias aéreas variam bastante, no entanto, o equipamento padrão para o conjunto autônomo é a chamada peça facial inteira, lembrando que a denominação peça facial se faz necessária já que a palavra máscara foi adotada para o conjunto (máscara autônoma).

Esse tipo de peça facial (máscara), além de cobrir todo o rosto, protegendo as vias aéreas e os olhos, também oferece como benefício um bom ajuste ao rosto e conseqüentemente uma boa vedação, permitindo que se mantenha dentro da máscara a pressão positiva. E o que é essa pressão positiva?

A pressão positiva dentro da máscara significa que a pressão interna é maior que a pressão externa e isso faz com que num vazamento causado por um mau ajuste, por um defeito ou outro motivo, aconteça de dentro para fora. Ou seja, o ar bom irá escapar para fora e o ar ruim não irá penetrar na máscara. Isso e o fato de o ar fornecido para o usuário ser de boa qualidade e independente da atmosfera do ambiente de trabalho, faz do equipamento autônomo de ar comprimido por demanda com pressão positiva o que oferece o maior fator de proteção atribuída.

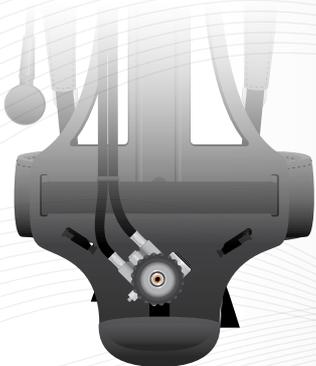
Esse tipo de peça é fabricado com materiais como borracha natural, borracha sintética e silicone, e existem em três diferentes tamanhos (P, M e G). Por usar como matéria prima um material elástico (elastômero) nas partes que tem contato com o rosto, por oferecer um bom conjunto de tiras (arreio) para ajuste e fixação e existir em diferentes tamanhos é capaz de proporcionar um bom ajuste e conseqüentemente uma boa vedação no rosto de diferentes pessoas.

Existe uma norma técnica específica para esse equipamento que é a ABNT NBR 13695, que determina os requisitos mínimos de qualidade e as metodologias de ensaios para avaliação de conformidade e certificação.

Válvula de demanda

Existe a tecnologia que supre a máscara do usuário com um fluxo contínuo de ar, porém, oferece a inconveniência de impor um consumo maior. A válvula de demanda recebe essa denominação porque supre a máscara do usuário com ar em função do ritmo respiratório humano. A válvula de demanda é acionada, ou seja, ela libera a passagem de ar todas as vezes que o usuário inspira o ar para dentro dos pulmões. Ao sugar o ar para dentro do corpo a respiração diminui a pressão interna dentro da máscara e a válvula de demanda libera a vazão de ar. Ao expirar, ou seja, ao emanar o ar para fora dos pulmões a respiração aumenta a pressão dentro da máscara e provoca a liberação desse excesso de pressão através de uma outra válvula chamada de válvula de exalação. E essa válvula de exalação é que mantém a pressão positiva, pois ela é regulada para oferecer uma certa resistência, liberando apenas a quantidade de ar suficiente para manter a pressão adequada dentro da máscara.





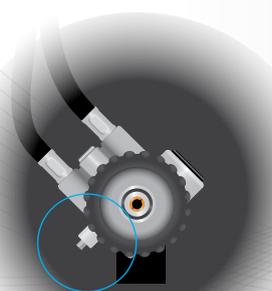
Válvula redutora de pressão

Ela é o primeiro estágio no sistema e é responsável por conectar o cilindro de ar comprimido ao conjunto. A sua principal função é o de reduzir significativamente a pressão do ar que sai do cilindro, alterando, por exemplo, de 300 bar para algo em torno de 6 bar.

O valor de 6 bar de pressão ainda é alto já que equivale a seis vezes a pressão atmosférica, por isso essa parte do sistema é denominada média pressão. A pressão do ar somente será convertida para um valor próximo da pressão atmosférica no segundo estágio, que é a válvula de demanda, conectada a máscara.

A outra função da válvula redutora é o de conectar o manômetro, responsável pela indicação da pressão existente no cilindro.

Alguns fabricantes instalam nesta válvula o dispositivo do alarme de baixa pressão.



Alarme de baixa pressão

Os equipamentos autônomos devem oferecer um recurso de segurança que é um alarme para alertar o usuário de que o ar do cilindro está próximo de acabar.

A norma técnica dos equipamentos autônomos (máscaras autônomas), a ABNT NBR 13716, determina que o alarme deve ser acionado quando a pressão dentro do cilindro tiver sido reduzida para a 5 MPa (megapascal), que equivale a 50 bar ou a 725 psig, ou quando o volume de ar estiver reduzido para 200 litros. Se considerarmos um consumo humano de 50 litros por minuto, o usuário contará com 4 minutos restantes de ar.

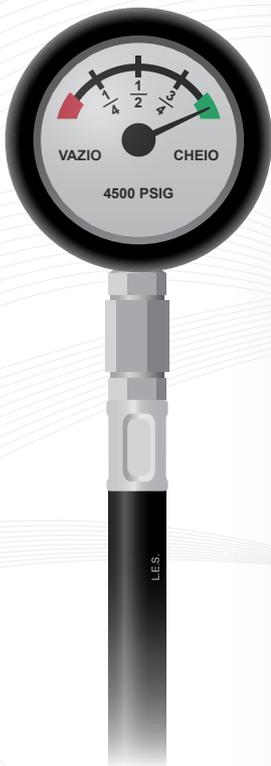
O alarme pode ser contínuo, intermitente ou vibratório, e deve funcionar por um tempo que pode variar entre 15 segundos e 60 segundos dependendo do tipo de alarme.

O alarme sonoro deve emitir o som com no mínimo 90 dBA de intensidade, medido no ouvido mais próximo do dispositivo.

Existem tecnologias compostas de partes eletromecânicas e eletrônicas para a medição da pressão e para a produção do som, entretanto, o dispositivo mais usado para o alarme é mecânico, acionado quando a pressão do cilindro é reduzida a ponto de permitir que um peça se mova e abra passagem para o ar que produzirá um ruído forte.

A localização desse dispositivo varia entre os fabricantes, podendo estar localizado na válvula redutora de pressão ou instalado no manômetro.





Manômetro

Com o usuário dispondo de um suprimento limitado de ar, e com uma autonomia que pode ser de poucos minutos, monitorar a pressão existente dentro do cilindro é imprescindível.

O dispositivo que mede a pressão do cilindro é chamado de manômetro, que existe para medir fluidos, sendo que neste caso o fluido é o ar.

Na prática, através de um manômetro, é possível para o usuário estimar o tempo restante de ar. A informação fornecida pelo manômetro será a pressão, e com ela é possível calcular o volume de ar em litros (veja na página 28) e tendo uma ideia do consumo é possível estimar o tempo restante.

Os manômetros analógicos, que funcionam com peças mecânicas para medir e indicar a pressão, são de longe os mais usados pelo mercado por causa do custo comparativamente menor, pela facilidade de manutenção e pelo fato de não precisarem de fontes de energia elétrica para funcionar.

Existem os manômetros digitais, bem menos empregados que os analógicos, por serem muito mais caros, com uma manutenção diferente já que envolvem componentes eletrônicos e com uma limitação adicional que é a fonte de energia. Porém, oferecem recursos adicionais que são muito atrativos para os usuários que enfrentam ambientes muito perigosos, como acontece com os bombeiros.

Os manômetros digitais podem incorporar vários recursos para os usuários, como uma tela de cristal líquido, também podem indicar a temperatura ambiente a qual o usuário está exposto, podem conter o alarme de inércia (homem-morto) que é acionado quando não detecta movimentos do usuário e também podem oferecer um alarme de pânico para ser ativado em situações em que o usuário necessita de ajuda.

Os manômetros digitais também podem permitir o emprego da telemetria, que é uma tecnologia que permite o monitoramento remoto dos dados do equipamento autônomo por uma outra pessoa fora da área de perigo.

Suporte anatômico, alças e cinta

O suporte anatômico é basicamente uma placa com um formato que se adapta as costas do usuário e sobre a qual é instalado o cilindro e conectado a maior parte dos componentes do conjunto. São conectadas a ele um par de alças para os ombros e uma cinta que envolve o abdômen do usuário.

Nas normas técnicas são utilizados termos como correias ou arreios, porém, não há motivos para não serem usados termos mais comuns como alças e cinta, ou cinturão. As alças têm o propósito de manter o cilindro equilibrado nas costas e a cinta abdominal tem como principal função sustentar a maior parte do peso do conjunto, fazendo com que o esforço maior recaia sobre os músculos do quadril e das pernas do usuário. O uso da cinta (cinturão) perfeitamente ajustada ajuda a economizar energia no transporte do equipamento, que pode chegar a pesar até 18 kg.

A qualidade da construção e o conforto oferecido pelas alças e pela cinta varia entre fabricantes e modelos, sendo os mais sofisticados e confortáveis ofertados comumente para os bombeiros.





Cilindros de ar comprimido

Qualidade do ar

É preciso destacar que os cilindros utilizados nos sistemas de proteção respiratória devem oferecer ar com boa qualidade para ser respirado. Ou seja, deve oferecer um ar cuja composição de gases se assemelha ao ar atmosférico (oxigênio e nitrogênio) e com um controle rígido sobre a presença de contaminantes.

A qualidade do ar exigida para os equipamentos autônomos e de linha ar tem como base normas internacionais que são contempladas na norma técnica nacional ABNT NBR 12543, cuja classificação recebe a denominação de ar respirável grau D. Esse padrão determina a concentração de oxigênio, a quantidade de vapor de água, o ponto de orvalho (condensação e risco de congelamento da água), a quantidade máxima de óleo (contaminante), de monóxido de carbono, de dióxido de carbono e de odor.

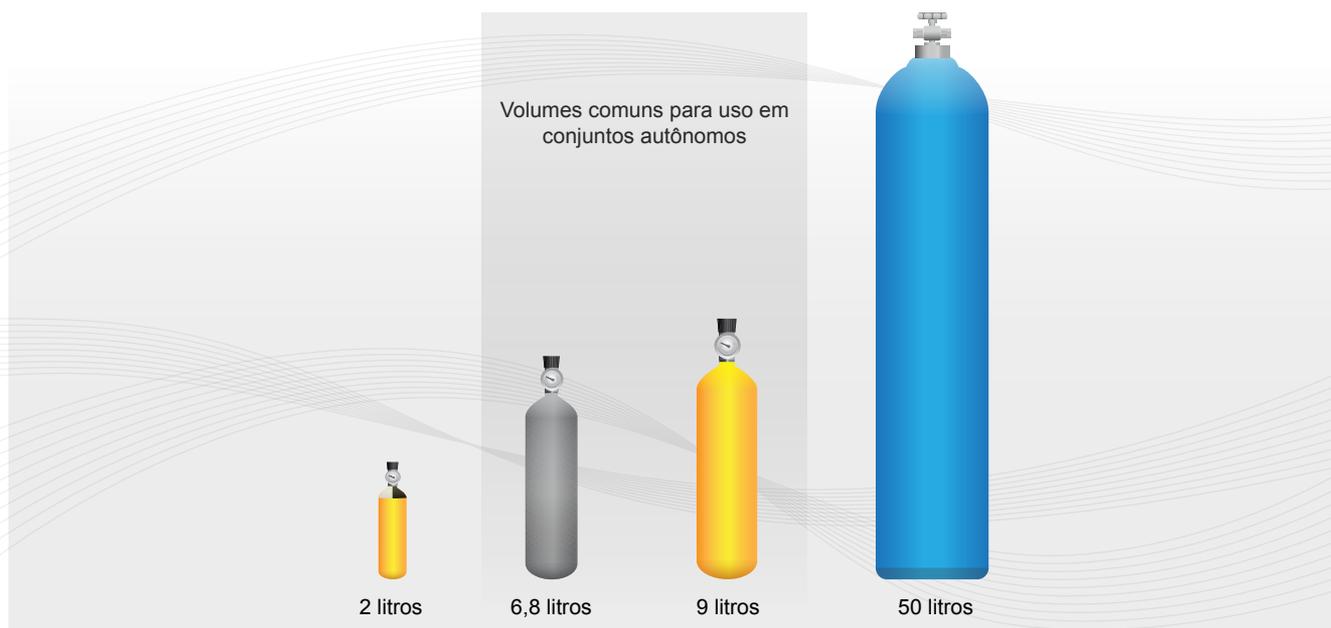
Volume dos cilindros

Existem no mercado diferentes tamanhos de cilindros, que podem ser pequenos para uso exclusivo em situações de fuga, com 2 litros de volume, com pressões entre 200 e 300 bar, armazenando de 400 a 600 litros de ar respirável e com autonomies entre 8 e 12 minutos com um consumo humano de 50 litros por minuto. Ou grandes cilindros para sistemas fixos (não transportáveis) em sistemas de cascata com volumes de até 50 litros e 300 bar de pressão, sendo capazes de armazenar 15.000 litros de ar respirável. Para o equipamento autônomo o tamanho, o peso, o volume interno e a pressão deve equilibrar a quantidade do suprimento do ar com a característica de ser transportável, já que usuário precisa carregá-lo nas costas.

Quando o equipamento autônomo se destina ao uso por bombeiros existe uma exigência para que o suprimento de ar seja de no mínimo 1.600 litros, sendo essa referência de origem europeia. E para se obter essa quantidade de ar os modelos mais comuns de cilindros costumam apresentar 6,8 litros de volume e uma pressão de 300 bar ou o equivalente em psi.

Pelos padrões americanos o suprimento de ar deve ser maior, por isso, com base nessas influências os cilindros mais utilizados no Brasil variam em volume entre 6,8 e 9 litros, com 300 bar de pressão ou o equivalente em psi.

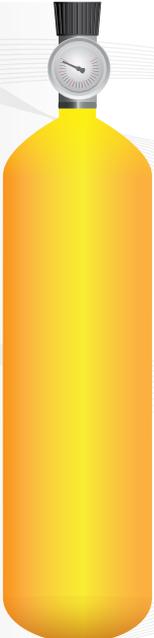
Ainda são comercializados os cilindros de aço com 7 litros de volume e 200 bar de pressão, porém, esses modelos que no passado eram bastante populares vem caindo em desuso, substituídos por cilindros mais leves e com maior capacidade de armazenamento.



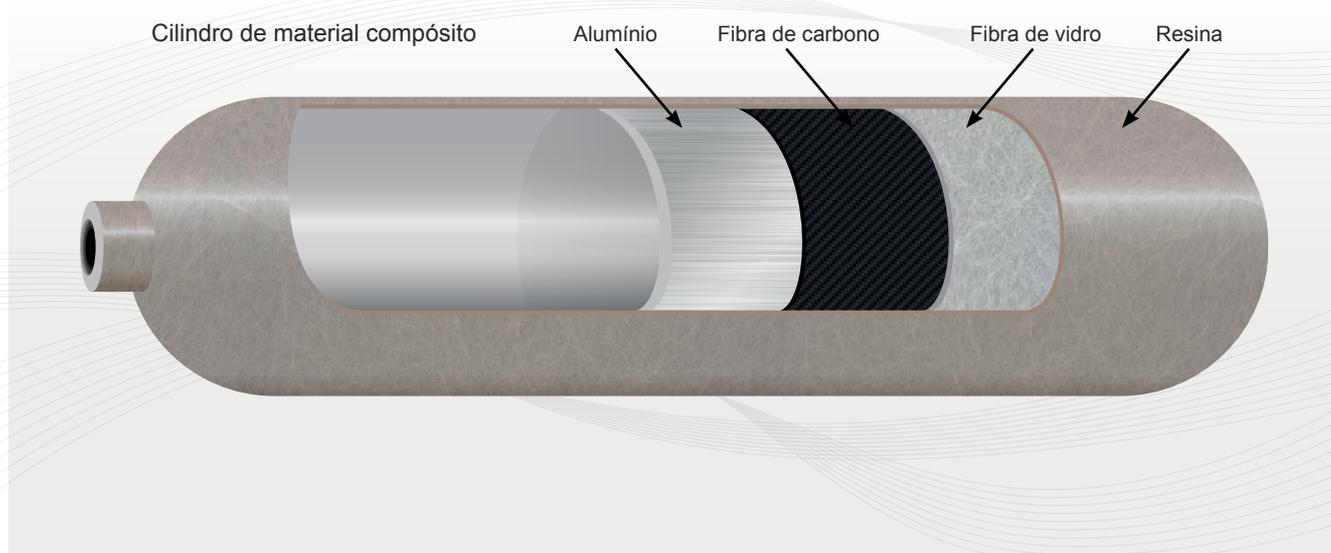


Material de construção do cilindro

No passado os cilindros construídos com materiais leves eram muito mais caros que os de aço leve, por isso as duas opções eram consideradas na especificação de compra dos equipamentos autônomos, contudo, com o barateamento dos materiais compósitos eles se tornaram o padrão do mercado, relegando os equipamentos de aço para algumas poucas e específicas situações de trabalho.

<p>Cilindro de aço Volume: 07 litros Peso cheio: 12.5 Kg Pressão Máxima: 200 bar Vol. de ar comprimido: 1400 litros</p>		<p>Cilindro de material compósito Volume: 6,8 litros Peso cheio: 6,6 Kg Pressão Máxima: 300 bar Vol. de ar comprimido: 2040 litros</p>
<p>Existem no mercado cilindros de aço de 300 bar.</p>		<p>Observação: os dados apresentados são meramente ilustrativos e tem como base informações de catálogos.</p>

Os cilindros de material compósito ou composite (em inglês), são construídos com múltiplas camadas de diferentes materiais para se obter as características desejadas, que neste caso é resistência e leveza. No caso dos cilindros de ar comprimido usados nos equipamentos de proteção respiratória a estrutura começa com um cilindro de alumínio e sobre ele são aplicadas uma sucessão de camadas. A primeira camada aplicada sobre o alumínio é de fibra de carbono (muito leve e muito resistente), a segunda camada é de fibra de vidro e a terceira e última camada é de resina que tem a função de proteger as demais camadas.





Plataforma de Treinamentos e Gestão em Segurança do Trabalho



A evolução na segurança se conquista com a evolução das pessoas



CAPÍTULO 4

Sistemas de linha de ar comprimido (ar mandado)



Sistema de linha de ar comprimido

Caracterização

O que caracteriza o sistema de linha de ar, ou ar mandado como é popularmente conhecido, é o fornecimento contínuo e ininterrupto de ar respirável através de uma longa mangueira que conecta a fonte fornecedora de ar e o usuário.

Existem diferentes conjuntos de sistemas de linha de ar, variando a fonte fornecedora do ar respirável, os meios de purificação e de monitoramento da qualidade do ar, o tipo de cobertura das vias aéreas, o tipo de fluxo de ar e a pressão mantida nessas coberturas.

A seleção do sistema deve obedecer a critérios técnicos e varia em função do tipo de trabalho e dos riscos envolvidos. O sistema de linha de ar comprimido pode ser usado apenas para fornecer ar respirável ou pode alimentar sistemas que oferecem proteções adicionais como o uso de capuz, capacetes com viseira protetora e até mesmo roupas inteiras preenchidas pelo fluxo de ar.

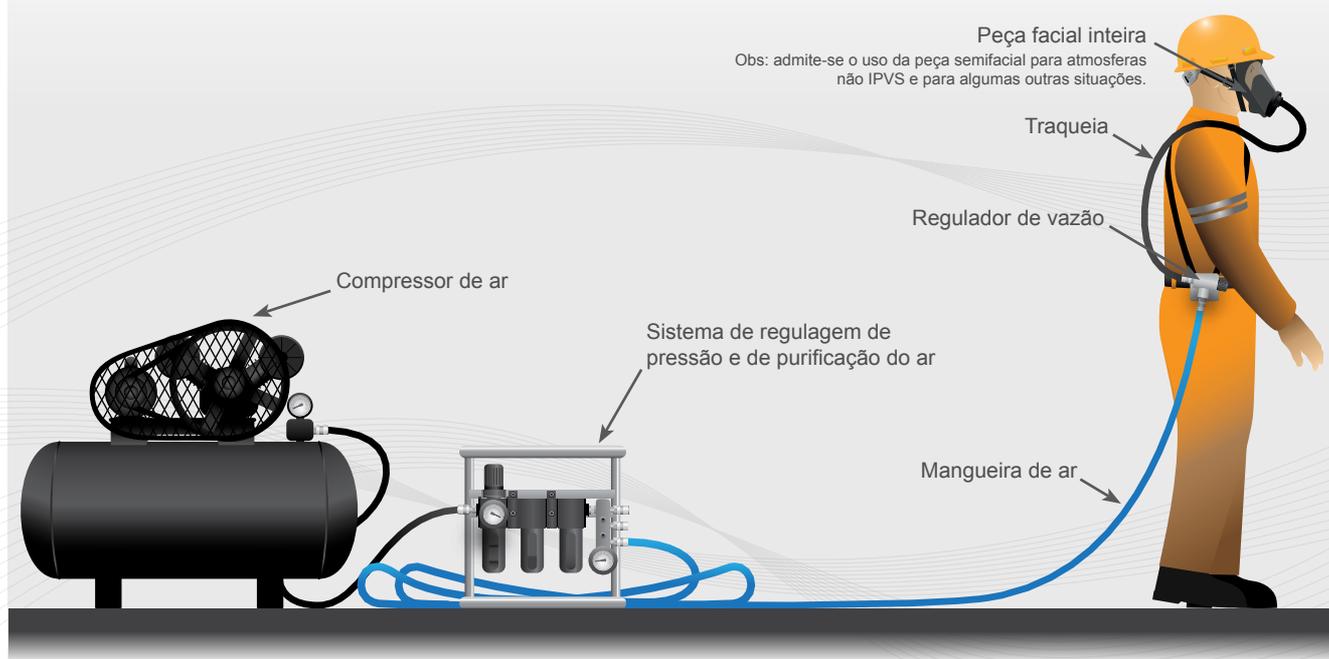
A aplicação desses sistemas acontece, como exemplos, em ambientes de indústrias farmacêuticas, serviços de jateamento, de pintura, entre outros.

O sistema mais comum

Um sistema muito utilizado no Brasil se compõe basicamente de uma fonte fornecedora de ar, como um compressor de baixa pressão, dos modelos mais populares, um painel ou um cavalete filtrante para a purificação do ar e a regulagem da pressão, uma mangueira longa para conduzir o ar até um regulador de vazão instalado na cintura do usuário e um segundo duto que conduz o ar do regulador até a máscara facial inteira.

Por uma questão de economia e conforto a opção mais comum costuma ser o sistema de fluxo contínuo de ar. Além de não exigir o esforço para respirar, dispensa a aquisição de uma válvula de demanda. Porém, esse sistema não é recomendado para todas as situações e muito menos para ambientes com uma atmosfera IPVS.

Exemplo de um sistema de ar comprimido de fluxo contínuo



Sistema para ambientes com atmosfera IPVS

No tópico anterior foi afirmado que o típico e comum sistema de linha de ar comprimido utilizado no Brasil não é aplicável em atmosferas IPVS, mas por quê?

Se o ar que está no ambiente não pode ser respirado é necessária uma fonte alternativa de ar, e não pode haver o risco de o ar tóxico alcançar as vias aéreas mesmo que acidentalmente. Para isso os recursos utilizados incluem uma cobertura das vias aéreas que ofereça uma boa vedação, sendo a peça facial inteira a opção mais segura quando a proteção necessária se limita a boca, ao nariz e aos olhos. Essa boa vedação proporciona um outro recurso importante que é a pressão positiva dentro da máscara, que garante que um eventual vazamento ocorra sempre de dentro para fora, impedindo que o ar tóxico penetre na máscara.

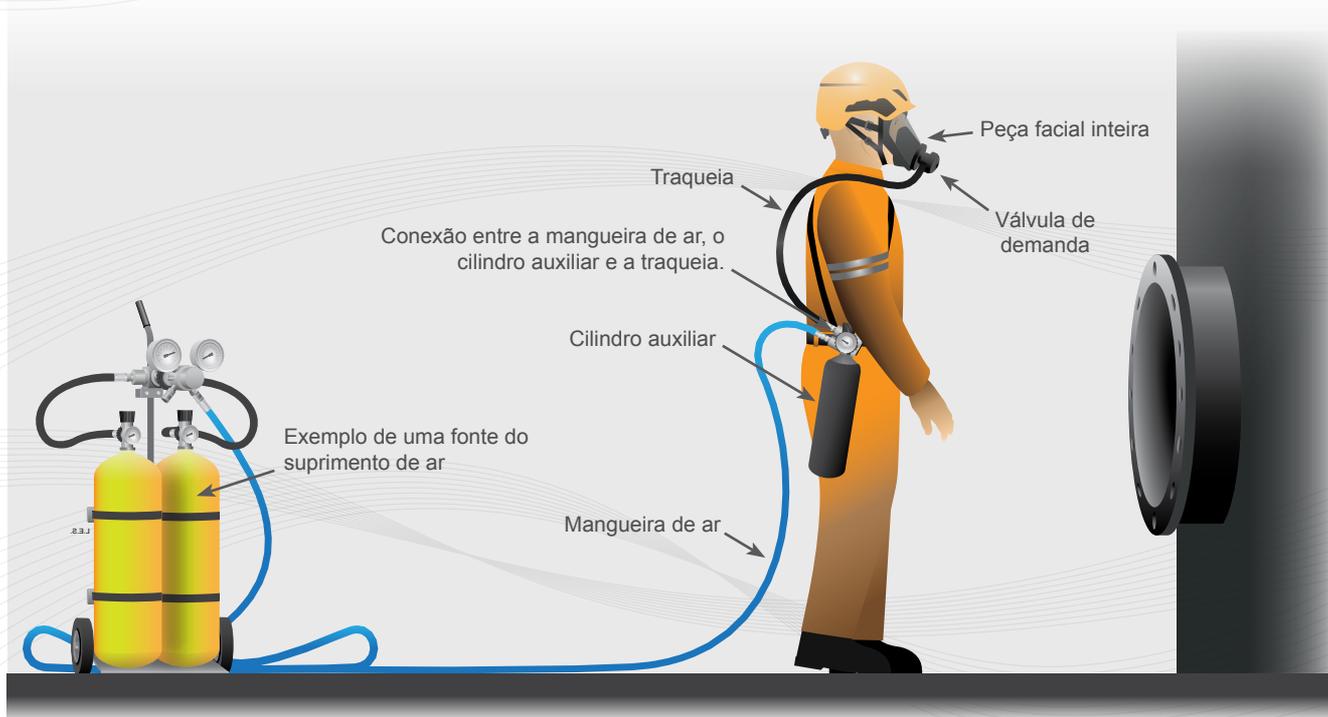
Como o trabalhador depende do fornecimento de ar de uma fonte externa, é imprescindível que haja uma redundância para o caso desse fornecimento ser interrompido. Um compressor pode parar de funcionar, cilindros de ar podem se esgotar, a mangueira pode ser esmagada, queimada ou cortada, enfim, o usuário necessita de uma segunda fonte de ar caso a principal venha a falhar. Por padrão, essa segunda fonte de ar é um pequeno cilindro, com pouco volume de ar, mas suficiente para permitir que o trabalhador escape do local de perigo.

Se a garantia da segurança do trabalhador depende da pressão positiva e do cilindro auxiliar de escape, outros itens do conjunto precisam ser diferentes, com destaque para a válvula de demanda que se torna um componente essencial. Entre as justificativas para o uso da válvula de demanda, uma que é importante é o fato do cilindro auxiliar não dar conta de uma vazão contínua. Se a autonomia esperada para um cilindro de escape é de 8 a 12 minutos com uma vazão sob demanda, com uma vazão contínua de 120 litros por minuto ou mais, a autonomia pode ser reduzida para 3 minutos ou menos.

Com o uso da válvula de demanda a válvula reguladora de vazão é substituída por uma conexão que liga a mangueira de ar, o cilindro auxiliar e a traqueia. Nesse sistema o controle da vazão de ar é realizado pela válvula de demanda.

A NR 33 (Espaços Confinados) e o Programa de Proteção Respiratória da Fundacentro, no tópico que aborda os respiradores para atmosferas IPVS, exigem o uso dos cilindros auxiliares de escape nos sistemas de linha de ar comprimido.

Exemplo de um sistema de ar comprimido para uma atmosfera IPVS





Componentes básicos do sistema

A seguir será oferecida uma descrição melhor das principais peças que compõem o sistema de linha de ar comprimido que recebe o CA, e com foco nos ambientes com atmosfera IPVS.



Peça facial inteira

A peça facial inteira já foi abordada no capítulo sobre equipamentos autônomos, e ela volta a ser importante no sistema de linha de ar comprimido quando a configuração obedece às necessidades do trabalho em um ambiente com atmosfera IPVS.

Como já foi abordado neste manual, existem outros tipos de cobertura das vias aéreas como a peça semifacial, o capuz, o capacete ou as roupas de proteção. E cada solução visa atender a situações e problemas específicos. Quando a necessidade é de oferecer ar respirável com um bom fator de proteção e cuja necessidade se limita a proteger boca, nariz e olhos, a peça facial torna-se obrigatória pelo Programa de Proteção Respiratória da Fundacentro.



Válvula de demanda

O sistema de fluxo contínuo de ar é a solução mais empregada nas rotinas de trabalho em que a linha de ar comprimido é utilizada. Isso porque é confortável para o usuário o fato de ter o ar entrando na máscara continuamente, diferentemente da máscara com válvula de demanda, cujo fluxo de ar somente é liberado com o esforço da respiração. Porém, o consumo de ar é muito alto, com os limites entre 120 e 300 litros por minuto. Obviamente que um consumo como esse é viável quando o suprimento de ar é abundante.

E é por causa desse consumo elevado de ar que o fluxo contínuo não pode ser considerado em configurações do sistema para atmosferas IPVS, já que o sistema redundante de segurança é um pequeno cilindro auxiliar que oferece um volume de ar proporcionalmente pequeno.

Além de garantir de forma segura e efetiva a pressão positiva dentro da máscara, o uso da válvula de demanda permite o uso de uma variedade maior de fontes de fornecimento de ar, como o uso de conjuntos de cilindros, mesmo os portáteis, já que não há o desperdício de ar.



Conexão

A conexão de mangueiras na cintura do usuário pode parecer um detalhe ergonômico, mas na verdade tem uma função de segurança. Essa conexão existe para permitir ao trabalhador que diante de uma emergência ele possa se desconectar da mangueira principal.

No caso dos sistemas de fluxo contínuo essa peça oferece também a função de regulador, permitindo ao usuário ajustar manualmente a vazão de ar.

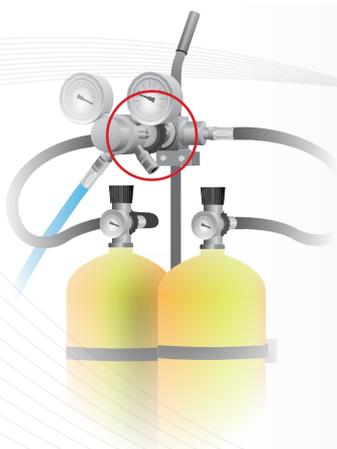
Nos sistemas para atmosferas IPVS não há a necessidade do controle de vazão na peça da cintura já que a válvula de demanda faz essa função. E nessa configuração a conexão da cintura tem a função de unir o cilindro auxiliar ao resto do sistema, com modelos que o acionam automaticamente quando o fornecimento principal de ar é interrompido e outros cujo acionamento é manual.



Cortesia da IBR Brasil

Mangueira

A mangueira é uma parte importante do sistema e compõe o conjunto que recebe o CA. A norma técnica ABNT NBR 14372, que é uma das normas que aborda os requisitos para o respirador de linha de ar comprimido, estabelece características técnicas e metodologia de ensaio para a mangueira. Considerando que ela é usada para transportar ar respirável sob pressão, algumas necessidades devem ser atendidas. Além de ser robusta o suficiente para suportar a pressão, tem que apresentar flexibilidade e uma certa resistência ao estrangulamento, ao esmagamento e a tração. Ela deve ser fabricada com material atóxico e oferecer conexões de engate rápido. O seu comprimento máximo deve ser de 90 metros, seja em um lance único ou formada por vários segmentos conectados. O diâmetro interno e o comprimento determinam a pressão com a qual o sistema deve trabalhar.



Alarme

A norma técnica que aborda o respirador de linha de ar comprimido para uso com peça facial inteira, de número 14372 de 1999, exige o alarme apenas para o fornecimento de ar com cilindros de ar comprimido. Alguns fornecedores incluem como acessório um alarme de baixa pressão para o cilindro de escape.



Operação de resgate com o uso de linha de ar comprimido

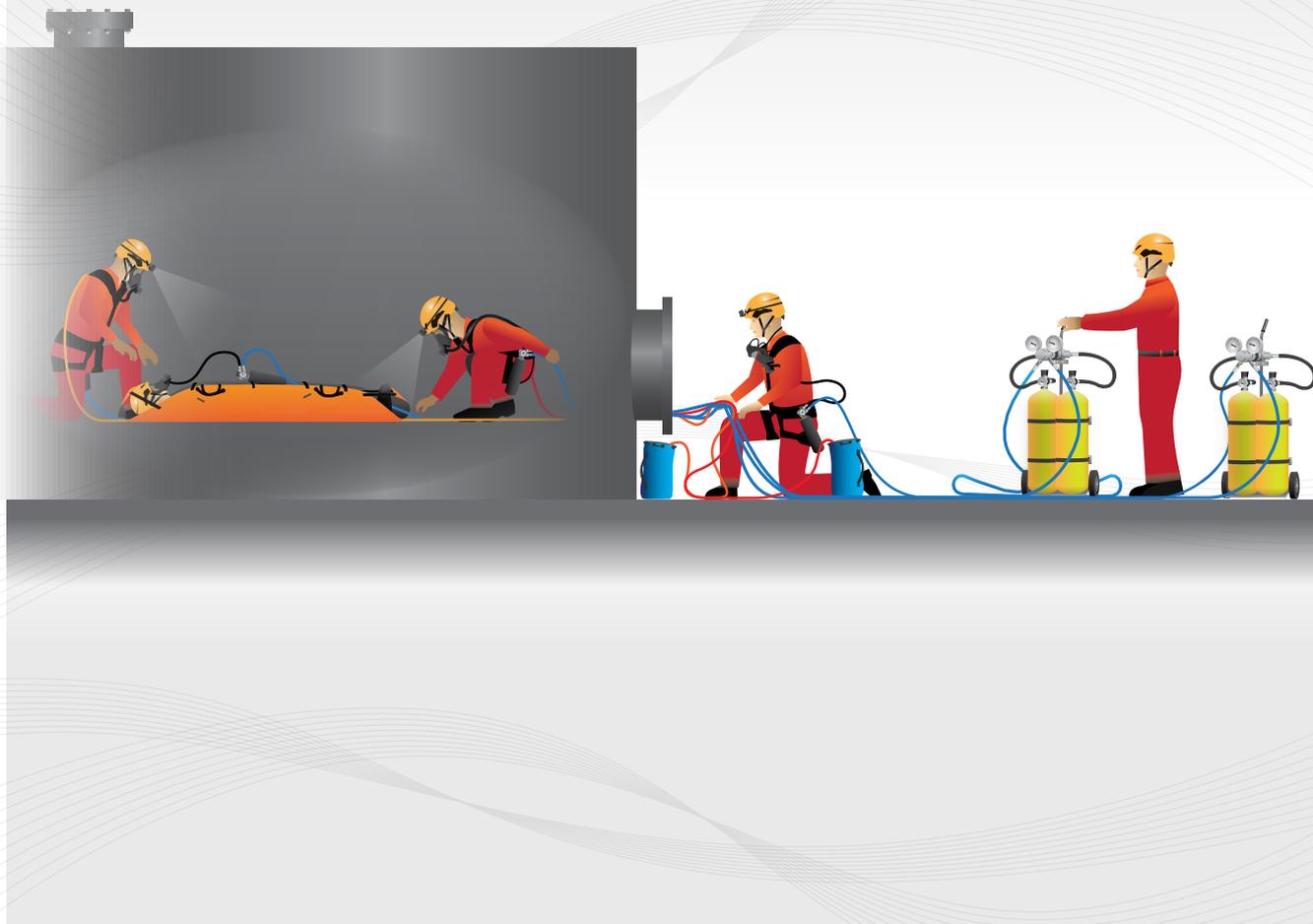
O equipamento autônomo costuma ser associado às operações de salvamento e resgate, o que é normal, já que o uso dele por bombeiros é algo rotineiro, porém, ele não é a melhor opção em todas as situações.

Em espaços confinados o cilindro de ar pode se tornar uma inconveniência por causa do seu tamanho. Em um local muito apertado pode ser impossível o resgatista se movimentar com ele nas costas, exigindo desvesti-lo e arrastá-lo.

Outro inconveniente é o pouco tempo de ar oferecido pelo equipamento autônomo.

Considerando esses fatos, a opção que se apresenta como a melhor para uma operação de resgate em um espaço confinado é o sistema de linha de ar comprimido.

Embora haja o inconveniente de ter que arrastar e administrar uma longa mangueira, a linha de ar resolve os problemas citados acima.





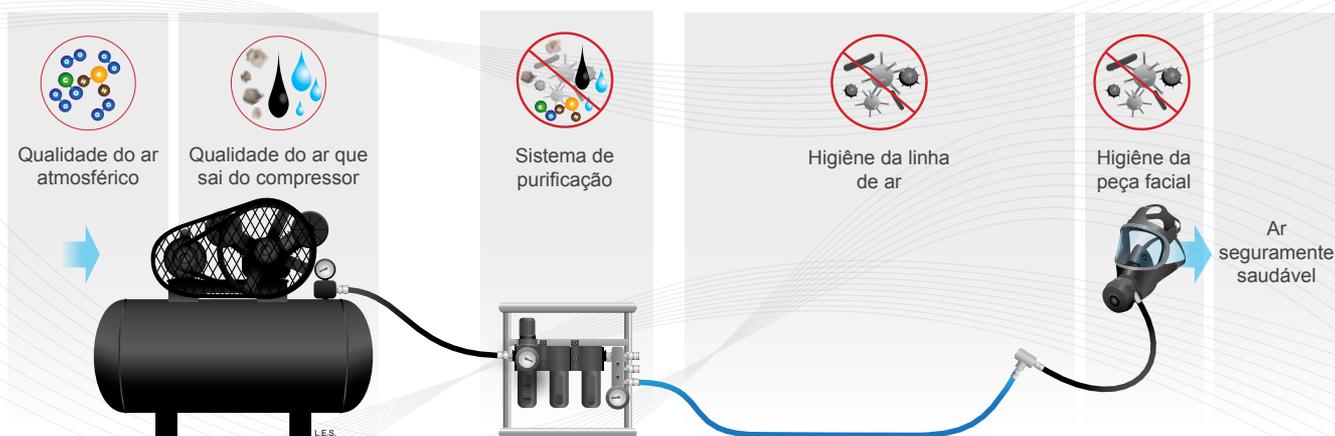
Qualidade do ar

A garantia de um ar saudável

Um sistema de linha de ar comprimido para proteção respiratória não é algo que apenas capta ar na atmosfera e envia para uma máscara. Isso não seria o suficiente para garantir um ar saudável para o usuário. O próprio ar atmosférico pode conter contaminantes, como por exemplo, captar ar dentro de um estacionamento de carros ou numa via pública com o tráfego intenso de veículos com motor a diesel e a gasolina. Devemos lembrar também que em ambientes industriais o potencial de ter uma atmosfera contaminada pode ser grande.

Os compressores de ar, com exceção dos modelos especializados, podem contaminar o ar com partículas, óleo e água em estado líquido. Quando certos cuidados não são tomados, a linha que conduz o ar da fonte até a máscara do usuário pode abrigar microrganismos como fungos e bactérias. O mesmo vale para uma máscara (peça facial) que não seja higienizada adequadamente ou que seja compartilhada por diferentes pessoas.

A proteção respiratória composta de um sistema de linha de ar comprimido precisa considerar esses riscos e contar com meios de evitá-los para garantir que o ar inalado pelo usuário seja seguramente saudável.



Componentes do sistema que garantem a qualidade do ar

O fornecimento de ar respirável através da linha de ar comprimido ou dos equipamentos autônomos sempre envolvem um conjunto de componentes para garantir a qualidade do ar.

Em linhas de ar comprimido que fornecem um fluxo contínuo de ar, os componentes do sistema funcionarão de forma simultânea com esse fornecimento. Já nos sistemas que utilizam os cilindros de ar comprimido esses componentes foram utilizados no carregamento deles. De qualquer forma sempre estarão envolvidos. São eles:





Padrão para a qualidade do ar

Embora seja óbvio, é importante lembrar que o ar é essencial para a vida e que o seu fornecimento para o corpo humano é sempre instantâneo e ininterrupto. É importante lembrar também que as vias aéreas são estatisticamente a principal entrada de contaminantes no organismo. Portanto, um sistema de proteção respiratória não deve apenas fornecer ar, o ar tem que ser garantidamente de boa qualidade. Mas o que é esse ar de boa qualidade?

O denominado ar respirável deve apresentar algumas características que são determinadas em normas. Em primeiro lugar ele precisa ter uma composição semelhante ao ar atmosférico, ou seja, ter as proporções certas de oxigênio e nitrogênio. Em segundo lugar deve apresentar um grau de pureza que é determinado pela ausência ou redução de contaminantes.

A referência utilizada para fins de análise e controle da qualidade do ar foi criada pela ANSI (*American National Standards Institute*), que é uma instituição americana que se assemelha a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). O conjunto de requisitos para a qualidade do ar é denominado Ar Respirável Grau D. Esse padrão é apresentado no Programa de Proteção Respiratória da Fundacentro e nas normas técnicas ABNT NBR 12543 e 14372.

Basicamente o ar respirável grau D estabelece limites para os seguintes itens:

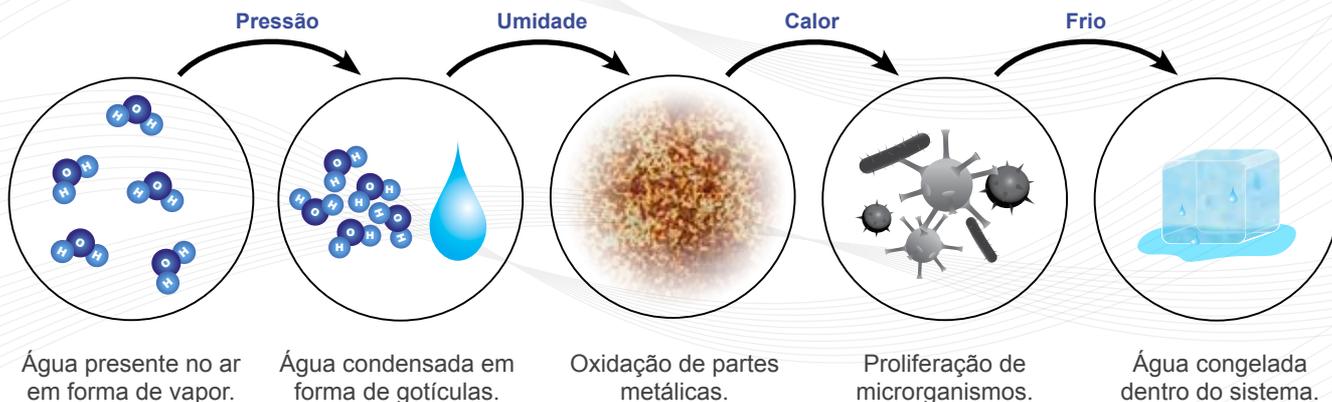
	Oxigênio
	Água
	Ponto de orvalho
	Óleo
	Monóxido de carbono
	Odor
	Dióxido de carbono

A tabela apresentada no Programa de Proteção Respiratória da Fundacentro e nas normas técnicas determina o valor máximo e o valor mínimo de oxigênio para um ar de grau D. A variação é aplicável para o ar artificial que é produzido ao misturar os gases nitrogênio e oxigênio. Para o ar proveniente de um compressor, que captura o ar atmosférico, a concentração de oxigênio deve ser de 20,9 %.

Para um ar grau D também são determinadas as concentrações máximas de óleo, de monóxido de carbono e dióxido de carbono. Outros contaminantes não contemplados na tabela do ar grau D devem obedecer aos limites de tolerância determinados pelas normas brasileiras. Não existe uma forma de medir o odor, por isso o teste é feito com o olfato humano.



Efeitos da água dentro do sistema



Água presente no ar em forma de vapor.

Água condensada em forma de gotículas.

Oxidação de partes metálicas.

Proliferação de microrganismos.

Água congelada dentro do sistema.

Umidade e ponto de orvalho

Os itens do grau D que geram controvérsias no Brasil são a umidade e o ponto de orvalho. O ponto de orvalho designa a temperatura na qual a umidade presente no ar, na forma de vapor de água, passa do estado de gás para o estado líquido na forma de pequenas gotículas. Essa água líquida torna-se um problema dentro dos sistemas de ar comprimido por beneficiar a proliferação de microrganismos, de oxidar certos componentes e também pelo risco de congelar em baixas temperaturas e obstruir a passagem do ar.

O que caracteriza os vapores é o fato de passarem do estado gasoso para o estado líquido sob o efeito da pressão e da temperatura. Por isso a quantidade de vapor de água existente no ar e a temperatura ao qual o equipamento pode ser exposto são diretamente relacionados.

Quanto mais baixa for a temperatura prevista menor deverá ser a quantidade de umidade do ar. A norma técnica ABNT NBR 14372 oferece uma tabela que relaciona os limites de temperatura e quantidade de água no ar. Veja alguns valores dessa tabela:

Valores extraídos da tabela A.2 da NBR 14372:1999 - Pressão de 1 bar

Ponto de orvalho	PPM	mg/l
-17,8° C	1.180	0,88
-26,1° C	538	0,40
-34,4° C	229	0,17
-45,6° C	60,5	0,045

Os parâmetros de umidade e ponto de orvalho existentes são contestados por alguns profissionais brasileiros pelo fato de atenderem as realidades de países do hemisfério norte, que apresentam climas temperados ou frios, muito diferente do clima tropical brasileiro.

Em um país tropical como o Brasil de clima quente e úmido a justificativa para gerar um ar mais seco é inibir a proliferação de microrganismos como bactérias e fungos dentro dos sistemas de proteção respiratória, já que a relação de umidade e calor são as condições ideais para esses organismos.



Avaliação e monitoramento da qualidade do ar

Enfatizamos neste manual a importância de GARANTIR a boa qualidade do ar nos sistemas de linha de ar comprimido para proteção respiratória.

Existem compressores importados que atendem normas internacionais e que são avaliados e certificados para a geração de ar comprimido respirável, mas mesmo esses modelos especializados acompanham a orientação de avaliar periodicamente a qualidade do ar que estão fornecendo. Os fabricantes aconselham que essa avaliação seja de no mínimo uma vez por ano e sempre após o equipamento sofrer alguma manutenção.

Se os equipamentos mais sofisticados demandam esse tipo de cuidado, o que dizer das opções mais simples e menos especializadas?

Todos os procedimentos de segurança que envolvem atmosferas exigem que se conheça os perigos existentes e potências dos ambientes de trabalho. Com esse conhecimento é possível determinar quais gases precisarão ser detectados e quantificados. Nas rotinas de trabalho existe um grupo básico de gases analisados, mas eles podem variar em diferentes ambientes e condições de trabalho.

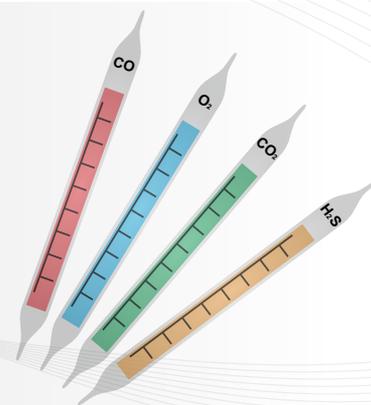
A única maneira de garantir que um sistema de linha de ar está de fato fornecendo um ar saudável é avaliando a qualidade desse ar. Essa avaliação pode ser feita com quites de reagentes chamados de tubos colorimétricos. Existem no mercado conjuntos com os quais é possível identificar e medir a concentração de oxigênio e outros gases.

Também existem os detectores de gases eletrônicos com opções portáteis e fixas. As versões portáteis são úteis para as avaliações periódicas. Os modelos fixos são utilizados para monitorar continuamente o ar fornecido por um sistema.

A avaliação periódica ou o monitoramento constante é fundamental para a garantia da boa qualidade do ar e para assegurar a saúde dos trabalhadores.

Imagens fora de escala. Meramente ilustrativas

Uma das maneiras de detectar e quantificar gases é através dos reagentes químicos, conhecidos como tubos colorimétricos, que reagem a presença do gás analisado e com uma escala gráfica para determinar a quantidade. São descartáveis e servem para as avaliações periódicas.



Uma outra maneira de detectar e quantificar gases é através dos detectores eletrônicos. Eles são ofertados com um conjunto de sensores que podem variar conforme a necessidade. Existem os modelos portáteis usados para as avaliações eventuais e periódicas e os fixos, que podem compor a linha de ar comprimido para monitorar continuamente a qualidade do ar fornecido pelo sistema.





Compressores de ar

Devemos lembrar que este manual está focado nas soluções de proteção respiratória para ambientes com atmosferas IPVS, e neste caso os compressores de ar sempre estarão envolvidos, seja direta ou indiretamente. Um compressor de ar pode compor o sistema de ar comprimido de uma planta industrial, pode estar no local de trabalho ou próximo dele fornecendo continuamente ar para os trabalhadores ou pode ser usado para carregar cilindros de ar comprimido que serão usados nas frentes de trabalho. Então, o compressor de ar é um componente essencial para a proteção respiratória em atmosferas IPVS.

Existem diferentes tecnologias de compressores no mundo, e entre essas tecnologias existem variações em função do tipo de uso. Listando apenas algumas delas podemos citar os compressores de diafragma, de parafusos, espirais, de pistão, entre outros. E determinar qual o melhor tipo e modelo depende da aplicação e das necessidades demandadas por essa aplicação.

O foco deste manual é o da proteção respiratória, ou seja, o que nos interessa são opções direcionadas para pessoas e não para máquinas. Porém, não podemos ignorar uma realidade brasileira em que, por motivos de custo, levam muitas empresas a utilizarem compressores projetados e fabricados para sistemas pneumáticos numa adaptação em sistemas de proteção respiratória. Isso é muito usual no Brasil e pode ser viável quando uma série de medidas complementares são adotadas, mas sem a garantia de alcançar uma solução plenamente segura.

O fato deste manual contemplar especificamente os trabalhos em atmosferas IPVS ou potencialmente IPVS, como são os espaços confinados, acaba por determinar opções limitadas de sistemas de proteção respiratória. Por exemplo, muitos dos ambientes com atmosferas IPVS ou potencialmente IPVS são distantes ou isolados, podendo não haver uma linha de ar fixa e permanente, ou até mesmo não haver um acesso a uma fonte de energia elétrica. Então, essas e outras circunstâncias acabam tornando algumas poucas tecnologias as mais utilizadas nas rotinas de trabalho no Brasil.

Considerando essa realidade, este manual irá se restringir a dois tipos básicos de compressores, que são os de pistão e os rotativos de parafusos.

Os compressores de ar limpo

A expressão ar limpo está sendo usada porque existe uma categoria de compressores de ar cujas aplicações não se restringem a proteção respiratória. Algumas tecnologias são aplicadas em ambientes e em processos que necessitam de um ar sem contaminações, como o uso medicinal em ambiente hospitalar, uso odontológico, em embalagens da indústria alimentícia e farmacêutica, na fabricação de alimentos e de bebidas, entre outras. São essas aplicações que incentivam a oferta de compressores geradores de ar limpo no mercado brasileiro.

O que caracteriza esses equipamentos é o funcionamento sem o uso de óleo para lubrificar as partes móveis (isento de óleo), pois dessa forma se elimina o risco desse óleo contaminar acidentalmente o fornecimento de ar.

Um eventual vazamento de óleo para o sistema de compressão de ar gera dois graves problemas, que é o próprio óleo se misturar ao ar prejudicando gravemente a saúde do usuário e também de parte dele ser queimado pelo calor do equipamento e gerar o monóxido de carbono, que é altamente tóxico para o ser humano.

Um outro recurso imprescindível que um sistema gerador de ar comprimido respirável deve oferecer é o tratamento adequado desse ar. O decantamento da água e do óleo condensados, a retenção de partículas finas e de certos gases feita por um conjunto de filtros garante o fornecimento de um ar limpo e saudável para ser respirado por pessoas. Alguns compressores tem esses recursos incorporados, outros modelos necessitam de equipamentos acessórios para a tratamento do ar.

O que limita o emprego desses modelos específicos de ar respirável no Brasil é o custo alto de aquisição, alcançando valores dez, vinte ou mais vezes o preço de um compressor popular para sistemas pneumáticos. Mas veremos que há sempre um preço a se pagar quando se opta por soluções mais baratas.



Sistemas geradores de ar comprimido

Em um sistema gerador de ar comprimido que forneça ar respirável o compressor é apenas um dos componentes. Além do compressor, o sistema deve contar com um conjunto de componentes de tratamento do ar e algumas vezes com um reservatório para o ar produzido.

Esses sistemas podem ser portáteis, com volume e peso apropriados, além de meios que facilitem o transporte. Eles podem ser móveis, quando não são tão compactos e leves, mas montados em estruturas que permitem que sejam movidos para o local de trabalho. E há os sistemas estacionários, projetados e montados de modo a fazerem parte da infraestrutura de uma planta industrial.

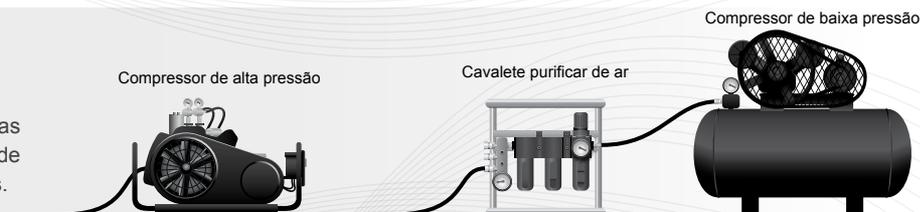
Soluções portáteis

São os modelos mais compactos e leves, com meios para facilitar o transporte, entretanto, costumam ser os de menor capacidade



Soluções transportáveis

Esses exemplos consideram sistemas que podem ser instalados nos locais de trabalho, mas com os devidos cuidados.



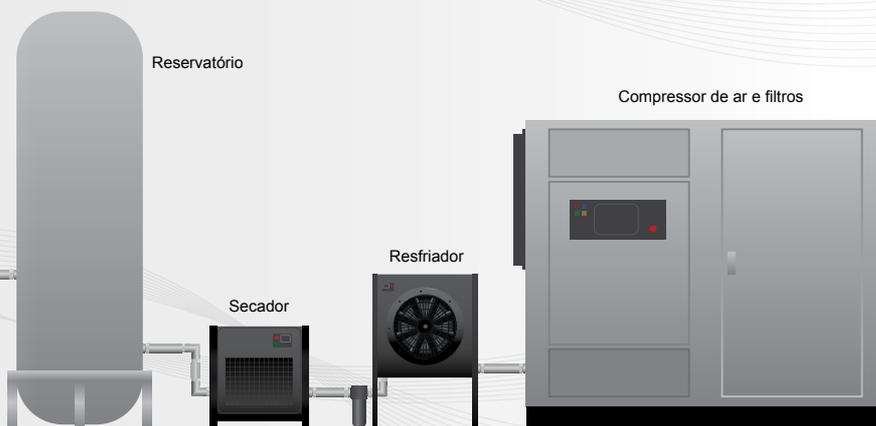
Soluções transportáveis

Existem sistemas projetados e fabricados para serem facilmente transportados para os locais de trabalho.



Soluções estacionárias

São projetos para atender grandes demandas e instalados de forma a fazer parte da infraestrutura da planta industrial.



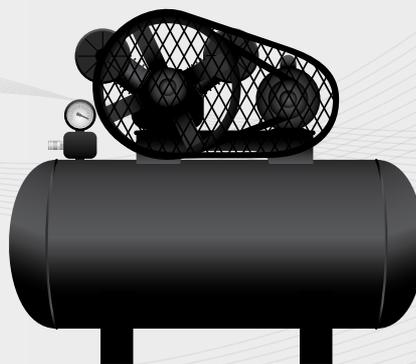


Os compressores mais populares

Por causa de fatores como custo, ignorância técnica e uma boa dose de ingenuidade, no Brasil o tipo de compressor mais utilizado para proteção respiratória é o de pistão de baixa pressão, conhecido vulgarmente como “compressor de borracheiro”.



Os modelos conhecidos como “compressores de borracheiro” são uma adaptação improvisada e problemática.



Esse tipo de compressor de ar é relativamente barato, é de construção simples e robusta e por isso oferece geralmente um longa vida útil e facilidade de manutenção. E por todas essas características é de longe o mais usado. Mas existem problemas nessa escolha.

Os compressores de pistão de baixa pressão não são projetados e fabricados para pessoas. Eles são produzidos e comercializados para alimentar sistemas pneumáticos, o que justifica o seu projeto mais simples e o seu custo mais baixo de aquisição. E para enfatizar esse fato, vale comentar que uma das maiores fabricantes de compressores a pistão do país afirma de forma clara e categórica que não produz compressores para a respiração humana, e quando são procurados por empresas que buscam equipamentos para este fim eles informam não poder atender por não terem modelos apropriados para este tipo de aplicação. O que deixa claro que o uso desse tipo de compressor para proteção respiratória é uma adaptação improvisada e inadequada.

Este tipo compressor de ar, chamado por muitos de “compressor de borracheiro” tem como normal a contaminação do ar por óleo. Quando o equipamento e os anéis do pistão ainda são novos a concentração de óleo no ar comprimido é baixa, porém, com o passar das horas de uso esses anéis começam a apresentar desgaste e a contaminação de óleo se agrava, podendo apresentar uma quantidade seis vezes maior de óleo misturado ao ar. Dependendo do estado de conservação do compressor ou de um eventual dano no equipamento a quantidade de óleo misturado ao ar pode rapidamente saturar qualquer filtro que tenha sido instalado entre o compressor e o usuário. E a exposição constante ao óleo mineral pode causar aos usuários doenças por deficiência de vitaminas, pneumonia e até o câncer.

O recurso de filtragem desses compressores é muito simples. O que eles oferecem é apenas um filtro na admissão de ar para a retenção de partículas e nada mais. O que obriga a aquisição e a instalação de um painel com o sistema de regulagem de pressão e a purificação do ar entre o compressor e o usuário.

E deve ser considerado que dependendo das condições de trabalho o compressor pode ser submetido a um uso para o qual não foi projetado. Em sistemas de fluxo contínuo, sem a válvula de demanda, o consumo de ar é muito elevado fazendo com que o compressor tenha que trabalhar muito mais do que seria esperado, acelerando o desgaste do equipamento e os problemas que surgem com esse desgaste. O custo adicional com o consumo de energia elétrica, com a troca mais frequente de filtros e de manutenção também devem ser ponderados. Alguns especialistas afirmam que a economia feita na aquisição do compressor desaparece ao longo do tempo de uso.



Como amenizar os problemas

O uso desse tipo de compressor deve ser desestimulado, no entanto, se um gestor opta conscientemente por esse tipo de equipamento, que considere as suas limitações e que adote um conjunto de medidas que amenizam os problemas e evite expor os trabalhadores aos riscos previsíveis. As medidas mínimas a serem adotadas são:

Adquira o equipamento de boa qualidade e de marca confiável;

A manutenção preventiva de ser feita de forma primorosa;

Não deve ser feita a substituição de peças sem as especificações técnicas do fabricante;

Não são aceitáveis as improvisações na manutenção do equipamento.

O equipamento deve ser substituído antes do limite da sua vida útil e preferencialmente antes que comece a demandar muita manutenção;

Um sistema purificador de ar deve ser instalado entre o compressor e o usuário com os dispositivos adequados aos riscos previstos;

Testes da qualidade do ar devem ser feitos com regularidade, e sempre que forem feitas manutenções no compressor e nos sistema de purificação.

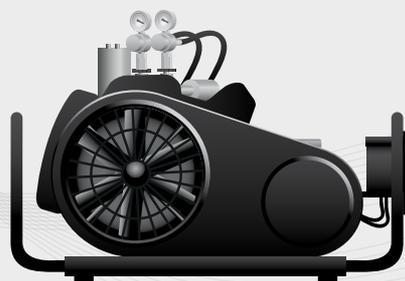
Compressores de pistão

O tópico anterior pode parecer que os problemas apontados são diretamente relacionados a tecnologia de pistão, e isso está longe de ser verdade. Existem no mercado compressores de pistão, de baixa pressão, isentos de óleo. Os modelos mais comuns e populares são ofertados no mercado para uso médico-odontológico. Além deles, existem os compressores à pistão de ar respirável de alta pressão, utilizados nos carregamentos de cilindros de ar comprimido para uso em atividades de mergulho e de proteção respiratória. E para alta pressão os compressores de pistão são o único tipo disponível no mercado brasileiro.

Os compressores de baixa pressão isentos de óleo, popularmente de uso odontológico, considerando os modelos mais acessíveis, oferecem especificações abaixo do necessário, e podem não suportar um uso tão intensivo como o exigido para alguns sistemas de linha de ar comprimido. Entretanto, é possível encontrar no mercado modelos mais robustos e adequados.

Sobre os compressores de alta pressão, como já foi mencionado, eles costumam ser diretamente relacionados ao carregamento de cilindros de ar respirável, no entanto, não há empecilhos para usá-lo nas linhas de ar comprimido fornecendo um fluxo contínuo diretamente para os trabalhadores, desde que haja um dispositivo de regulagem de pressão. Mas é uma opção que gera alguma controvérsia, já que esse tipo de compressor oferece uma pressão muito maior do que a necessária, e isso leva inevitavelmente um desperdício de potência e energia. Os que argumentam a favor dessa opção, alegam a vantagem de ele poder atender a ambas as aplicações.

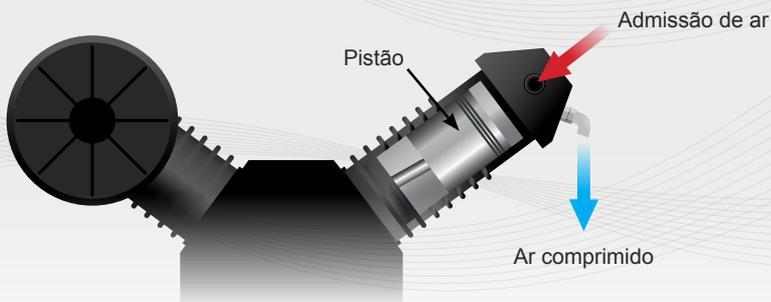
Entre os compressores de pistão, existem os compressores de baixa pressão isentos de óleo e os compressores de alta pressão para o carregamento de cilindros de ar respirável.





Compressores de pistão

A representação abaixo é uma abordagem simplificada das variações dos compressores de pistão. Ela não contempla todos os modelos ou todas as variações existentes.



Alta pressão



Baixa pressão



Lubrificado por óleo



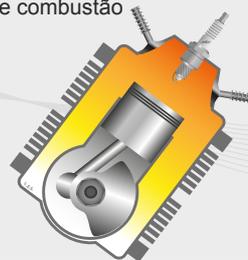
Isento de óleo



Motor elétrico



Motor de combustão



Monofásico



Trifásico



Gasolina



Diesel



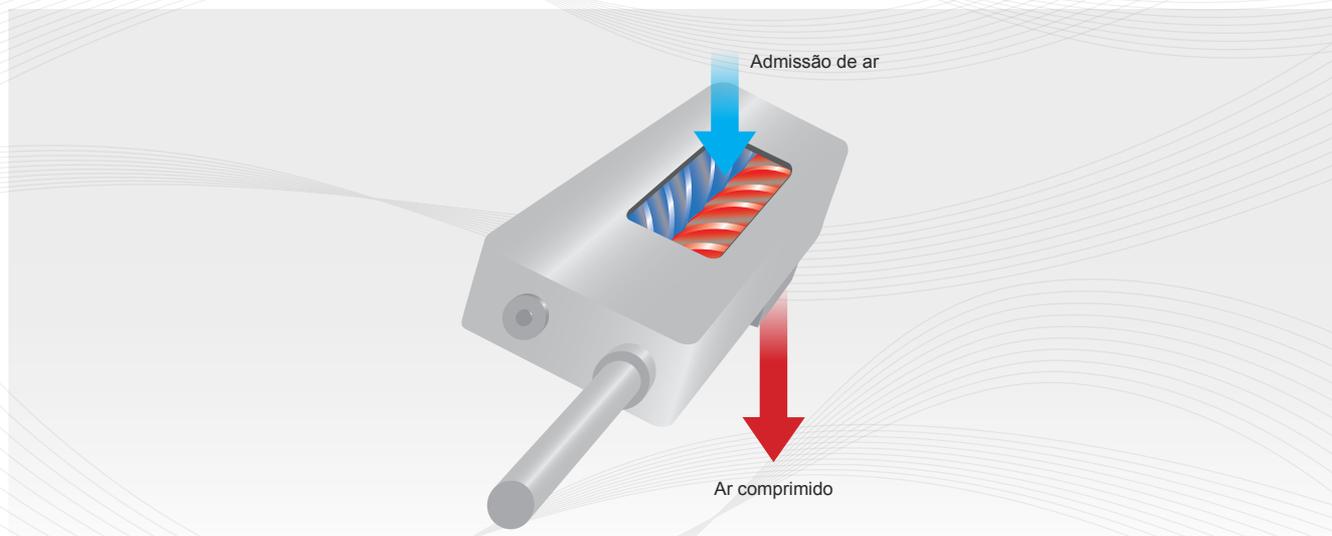


Compressores rotativos de parafuso

Para sistemas que trabalham com baixa e média pressão, e espera-se um uso intensivo do compressor, a tecnologia rotativa de parafuso oferece vantagens.

Esse tipo de compressor comprime o ar utilizando dois parafusos paralelos com rosca sem fim que se encaixam e rodam em sentidos opostos. Para sistemas de proteção respiratória existem os modelos isentos de óleo. A lubrificação utiliza água.

Eles oferecem uma relação energética melhor do que os de pistão, por isso são considerados mais eficientes em sistemas que exigem mais do compressor.





CAPÍTULO 5

Cuidados, inspeção, limpeza e higienização



Cuidados, inspeção, limpeza e higienização

A falha de um equipamento de proteção respiratória durante o uso pode comprometer a saúde de um trabalhador, gerar acidentes graves e até mesmo fatais. Por isso, é fundamental garantir o uso correto do equipamento, que inclui os devidos cuidados na utilização, as inspeções cotidianas, as inspeções programadas e uma manutenção primorosa.

As manutenções preventivas e corretivas devem ser realizadas com responsabilidade e somente por pessoas capacitadas, seguindo sempre as recomendações dos fabricantes.

O conjunto de proteção respiratória, seja ele autônomo ou linha de ar, deve ser adequado aos riscos e as necessidades da atividade. A peça facial deve ser adequada ao rosto do usuário a fim de garantir a sua eficiência para isolá-lo da atmosfera perigosa.

Todos os envolvidos no programa de proteção respiratória devem ser capacitados para as suas funções. Isso inclui os profissionais responsáveis pela avaliação de riscos e a seleção dos respiradores, os profissionais que vão utilizar esses respiradores, os profissionais que atuarão em um eventual resgate e os profissionais responsáveis pela manutenção, limpeza, higienização e guarda dos equipamentos.

O ponto chave para um programa de proteção respiratória eficiente é a capacitação dos envolvidos através do treinamento e do desenvolvimento constante.





A máscara certa para cada rosto



A peça facial deve ser selecionada considerando a anatomia de cada usuário.

As pessoas apresentam anatomias muito diferentes da cabeça e do rosto. O formato pode ser arredondado ou comprido, magro ou gordo, as bochechas ou o queixo podem ser mais ou menos protuberantes, assim como o tamanho ou o formato do nariz. E além dos formatos anatômicos naturais, existem as deformações acidentais, cicatrizes, barba, bigode e etc. Todas essas condições influenciam a forma como a máscara irá vestir o rosto do usuário e conseqüentemente irá determinar a eficiência da vedação e o grau de proteção que ela proporcionará ao trabalhador.

Como o foco deste manual é a proteção respiratória para atmosferas IPVS, a máscara destacada é a chamada peça facial inteira, e apesar de ser projetada e construída para oferecer uma boa vedação, a eficiência dela é garantida somente com a seleção do modelo e do tamanho certo para cada usuário. Devemos lembrar que essas máscaras são oferecidas no mercado com tamanhos diferentes, matérias primas diferentes e formatos ligeiramente diferentes.

Portanto, não basta adquirir um equipamento de primeira linha, proveniente de um bom fabricante se a máscara não vestir adequadamente o rosto do usuário. Metaforicamente, podemos afirmar que isso se compara a um carro esportivo de luxo, de milhões de dólares, que por ser muito baixo torna a vida do motorista um inferno se ele tem restrições motoras e dificuldade em abaixar e levantar para entrar ou sair do veículo. O carro será um equipamento sofisticado, caro, luxuoso e muito inadequado para a realidade desse motorista.

A maneira de determinar a máscara certa para cada indivíduo é através do teste de vedação, também conhecido no mercado como *Fit-test*. Esse ensaio é feito com o usuário do equipamento e consiste em dois tipos de teste, que é o qualitativo e o quantitativo.

O Teste qualitativo é por natureza subjetivo, ou seja, depende da resposta voluntária ou involuntária do usuário. Se ao vestir e ajustar o respirador corretamente o usuário não sente a presença do contaminante através do gosto, cheiro ou irritação do trato Respiratório, (dependendo do método qualitativo aplicado) durante o ensaio de vedação, significa que uma vedação satisfatória foi alcançada.

O teste quantitativo é mais preciso e é realizado com o auxílio de dispositivos eletrônicos capazes de indentificar, quantificar e registrar a eficiência da máscara. Para a peça facial inteira esse segundo teste é obrigatório.

Como existe muita plasticidade no uso da máscara, começando pelo corpo humano (músculos e pele) e também da peça facial que é construída com materiais flexíveis e elásticos, o ensaio deve ser realizado com um padrão de movimentos para garantir que nas situações reais de trabalho a máscara não falhará em função da movimentação do corpo.



Teste de vedação quantitativo

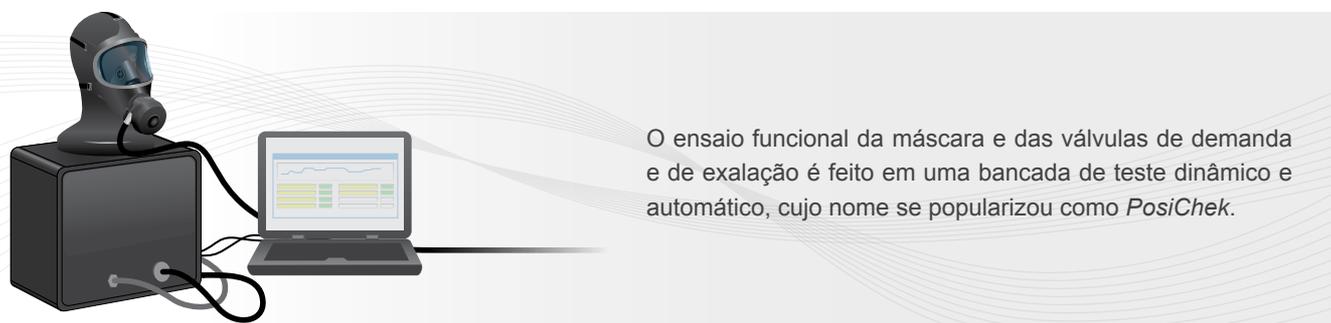
Além do objetivo de selecionar o respirador adequado ao rosto do usuário, os testes de vedação avaliam o treinamento do trabalhador para uso da proteção respiratória e cumprem com uma determinação do Programa de Proteção Respiratória da Fundacentro, que estabelece como padrão o ensaio a cada doze meses, com exceções.

A exceção é aplicada para os casos em que o usuário apresenta alterações significativas da sua anatomia, como o ganho ou perda de peso, acidentes que provoquem cicatrizes profundas do rosto onde acontece a vedação, alteração da arcada dentária ou variações decorrentes de cirurgias reconstrutivas, entre outras.

O teste realizado com equipamento eletrônico permite a precisão do resultado, bem como o registro desses resultados. O ensaio é feito com pressão negativa, mesmo nos casos em que o uso da máscara será em sistemas de pressão positiva. O objetivo desse ensaio é avaliar apenas a adaptação da peça facial ao rosto do usuário.



O ensaio de eficiência da máscara, da válvula de demanda e da válvula de exalação para manter a pressão positiva é realizado com uma outra metodologia e usando um equipamento diferente.





Cuidados básicos

Respeito ao equipamento

Os tipos de equipamentos abordados neste manual são robustos, no entanto, são suscetíveis a danos causados pela falta de cuidados, armazenamento inadequado e mau uso.

Somente pessoal treinado

Os sistemas de proteção respiratória somente podem ser utilizados por trabalhadores devidamente treinados.

Garantir a vedação da máscara

Devem ser evitadas falhas na vedação da máscara por interferência de barba, cicatrizes profundas, o uso de óculos com hastes etc.

Equipamentos limpos e inspecionados

Os equipamentos somente podem ser utilizados se estiverem adequadamente limpos, higienizados e inspecionados.

Cilindros completamente carregados

Os cilindros de ar respirável devem ser colocados em uso completamente carregados.

Consumo de ar

Nos equipamentos autônomos o usuário deve monitorar constantemente a pressão do cilindro através do manômetro. Nos sistemas de linha de ar um trabalhador deve ficar encarregado de operar o conjunto de cilindros, monitorando os manômetros e providenciando a troca dos cilindros vazios por cilindros carregados.

No uso do equipamento autônomo é aconselhável subtrair dos cálculos da autonomia (tempo previsto para o suprimento de ar) o valor de 50 bar de pressão para fim de reserva de segurança (veja a página 29).

Teste hidrostático

O teste hidrostático deve estar dentro do prazo estipulado pelo fabricante.

Evitar choques e impactos

Devem ser evitadas quedas e não se pode jogar os equipamentos, pois impactos podem danificá-los. Após a ocorrência de choques acidentais o equipamento deve passar por uma cuidadosa inspeção e teste de funcionalidade. No caso dos cilindros pode ser necessário um novo teste hidrostático.

As válvulas não devem ser forçadas

Não deve ser aplicada força excessiva e não devem ser usadas ferramentas para abrir ou fechar as válvulas.



A pressão correta

Os sistemas de linha de ar comprimido devem oferecer a pressão mínima para cada comprimento de mangueira, conforme orientação do fabricante, bem como assegurar a pressão necessária para o uso da válvula de demanda.

Cuidados com as mangueiras

Nos sistemas de linha de ar a mangueira deve ser protegida o máximo possível, evitando o contato com cantos vivos, superfícies muito abrasivas e fontes de calor. Nas áreas de trânsito de veículos a mangueira deve ser protegida com isolamento e sinalização, a fim de evitar o corte ou o esmagamento da mangueira.

Evitar a contaminação

Sempre que possível deve se evitar o contato dos equipamentos com contaminantes químicos. Quando o contato é inevitável, o tipo de contaminante e o tempo de exposição a este contaminante devem ser avaliados. Em muitos casos uma simples limpeza não é suficiente, exigindo procedimentos específicos. Quando a descontaminação não é possível ou o tempo de exposição ao contaminante já ultrapassou o limite, deve ser feita a manutenção para a substituição das partes comprometidas ou o descarte de todo o conjunto.

Armazenamento adequado

O lugar e o modo como os equipamentos são armazenados é um dos tópicos de maior relevância quando são tratados os cuidados básicos. Um armazenamento mal feito pode expor os respiradores a danos causados pelo sol, pode expô-los à sujeira e à contaminação, mesmo após terem sido lavados e higienizados, podem ser deformados ou esmagados sob grandes pesos, podem ser fragilizados ou danificados quando expostos ao calor e fungos e bactérias podem proliferar nos equipamentos em ambientes muito úmidos. Portanto, o lugar e o modo como são armazenados devem preservá-los de qualquer tipo de dano e assegurar que após lavados, higienizados e inspecionados permaneçam prontos para o uso.



Inspeções

Inspeccionar o equipamento significa garantir que ele está em condições confiáveis de uso, e se não estiver que ele seja retirado de serviço e enviado para a devida manutenção. As inspeções realizadas pelo usuário são, normalmente, limitadas ao que pode ser avaliado visualmente. A checagem da funcionalidade do equipamento pode exigir uma bancada apropriada de testes, como veremos mais adiante.

As inspeções rotineiras devem ser feitas sempre antes do uso, as vezes sobre itens mínimos de verificação, e sempre após o uso, a limpeza e a higienização, quando uma inspeção mais cuidadosa e detalhada pode ser realizada.

Para os equipamentos que não são de uso cotidiano, como os usados em emergências, as inspeções precisam ser periódicas, no mínimo uma vez por mês para garantir o estado de conservação e as condições confiáveis de uso. Os equipamentos autônomos, muitas vezes adquiridos apenas para serem usados em eventuais emergências, costumam ser frequentemente negligenciados. São adquiridos, instalados em locais estratégicos da planta industrial e abandonados, criando a incerteza de estarem em condições de uso quando a emergência acontecer. Os sistemas de linha de ar comprimido também podem sofrer essa mesma negligência quando destinados as emergências ou aos trabalhos esporádicos.

A seguir estão listados os itens básicos de inspeção dos equipamentos:

Máscara (peça facial inteira) e válvula de demanda

Considerando que a máscara está limpa e higienizada, a inspeção deve avaliar:

Se existem resíduos dos produtos de limpeza e higienização;

Se existem fissuras (rachaduras), rasgos e perfurações;

A flexibilidade das bordas de vedação;

O estado de conservação e a montagem dos tirantes e das fivelas de regulagem;

Possíveis trincas no visor e a montagem dele no corpo da máscara;

A existência e a posição do anel de vedação da válvula de demanda;

O perfeito encaixe da válvula de demanda.

Equipamento autônomo

Considerando que a máscara e a válvula de demanda já foram inspecionadas, os itens a seguir são:

Eventuais danos visíveis na superfície do cilindro;

A validade do teste hidrostático;

A pressão do cilindro (completamente carregado);

O funcionamento do manômetro;



Equipamento autônomo

(continuação)

- O estado do suporte anatômico;
- O estado da cinta da fixação do cilindro ao suporte;
- As alças de transporte, o cinto e as fivelas;
- A conexão do cilindro ao redutor de pressão;
- O estado das mangueiras;
- As conexões das mangueiras;
- O alarme de baixa pressão.

Sistema de linha de ar comprimido

Esse sistema é mais complexo, já que a fonte fornecedora de ar respirável pode variar entre diferentes modelos de compressores, diferentes conjuntos de cilindros de ar comprimido, pode incluir um sistema de purificação de ar e um sistema de monitoramento da qualidade do ar. Cada um desses componentes tem a sua própria lista de cuidados e inspeção. Aqui abordaremos o básico, como segue:

Linha de ar

Considerando que a máscara e a válvula de demanda já foram inspecionadas, os itens a seguir são:

Qualidade do ar

A qualidade do ar fornecido pelo sistema de proteção respiratória deve ser avaliada frequentemente. Se possível de forma contínua, ou ao menos periodicamente, seja com equipamento eletrônico ou com os quites de reagentes químicos (tubos colorimétricos). Essa é a única forma de garantir a eficiência do sistema.

Inspecionar o painel ou cavalete purificar do ar, examinando a válvula reguladora de pressão, o manômetro, a validade e a saturação dos filtros e os engates de mangueiras.

Mangueiras e traqueia

Examine o estado de conservação das mangueiras e da traqueia para averiguar fissuras (rachaduras), desgastes por abrasão, cortes, perfurações ou danos por calor.

Examine as conexões rápidas e as braçadeiras.



Linha de ar

(continuação)

Compressor de ar

Averiguar se o compressor ou a entrada de ar do compressor está em local que capte ar limpo, longe de contaminantes;

Examine a validade e o estado dos filtros do compressor;

Examine se o compressor está sendo operado segundo as orientações do fabricante;

Certifique-se que a manutenção programada está em dia, incluindo as inspeções mecânicas, a troca do lubrificante (quando houver), a troca de filtros e a calibração e ajuste dos recursos de segurança.

Certificar-se de que a verificação do tanque de armazenamento de ar comprimido (quando houver) foi realizada cumprindo a recomendação do fabricante e da NR 13 (Vasos de Pressão).

Conjunto de cilindros de ar (suprimento de ar)

Eventuais danos visíveis na superfície dos cilindros;

A validade do teste hidrostático dos cilindros;

A pressão dos cilindros (completamente carregados);

O funcionamento dos manômetros.

Cilindro de escape

Eventuais danos visíveis na superfície do cilindro;

A validade do teste hidrostático do cilindro;

A pressão do cilindro (completamente carregado);

O funcionamento da válvula e do manômetro.



Teste de funcionalidade e segurança

Como foi abordado no tópico anterior, a maioria dos itens de inspeção podem ser feitos visualmente pelo usuário ou por um profissional treinado e designado para isso, no entanto, algumas avaliações só podem ser feitas com uma metodologia que emprega dispositivos de teste.

A avaliação da funcionalidade da válvula redutora de pressão, da válvula de demanda, da válvula de exalação, entre outros itens, cuja eficiência garante a pressão correta dentro da máscara (pressão positiva) não pode ser avaliada com os sentidos humanos, por isso é necessário o emprego de recursos tecnológicos.

Abordaremos dois testes necessários para a boa manutenção do equipamento de proteção respiratória, que são os ensaios de funcionalidade do conjunto autônomo e linha de ar e o teste de resistência dos cilindros de ar comprimido.

Teste funcional dinâmico

Alguns fabricantes e empresas de manutenção autorizadas contam com uma bancada de teste automática para avaliar todos os itens de funcionalidade que não podem ser avaliados pelos sentidos humanos. Esse equipamento é conhecido popularmente no mercado como *PosiChek*, embora esse seja um nome comercial de um dos equipamentos disponíveis no mercado brasileiro.

Ele permite testar as funções e a eficiência do conjunto autônomo, e também da máscara e da válvula de demanda de um sistema de linha de ar.

Além de avaliar a eficiência do conjunto, ele oferece como vantagens a precisão e o registro dos resultados.

Não existe uma exigência normativa no Brasil, por isso a frequência desse ensaio depende da orientação do fabricante. Mas as boas práticas ditam que esse teste seja feito ao menos uma vez por ano. Existem empresas que o realizam também sempre após o uso em ocorrências de emergência, por considerarem que nessas operações as chances de danos ao equipamento são altas e que uma inspeção completa é necessária.

Bancada de teste automática

Teste funcional dinâmico

É recomendável que esse teste seja feito ao menos uma vez por ano.



Teste hidrostático de cilindros

Os cilindros de ar respirável são projetados e construídos para suportarem uma grande pressão. Um cilindro que trabalha com uma pressão de 300 bar está suportando uma força equivalente 300 quilos por centímetro quadrado nas suas paredes. E como qualquer outro equipamento os cilindros estão sujeitos a fadiga, a deterioração com o tempo de uso e danos acidentais, por isso é necessário periodicamente avaliá-los para detectar vazamentos ou a fragilidade da sua resistência.

A forma de avaliar a resistência dos cilindros é através do teste hidrostático. A palavra hidro tem origem no idioma grego e significa água, portanto, estamos tratando de um ensaio feito com água.

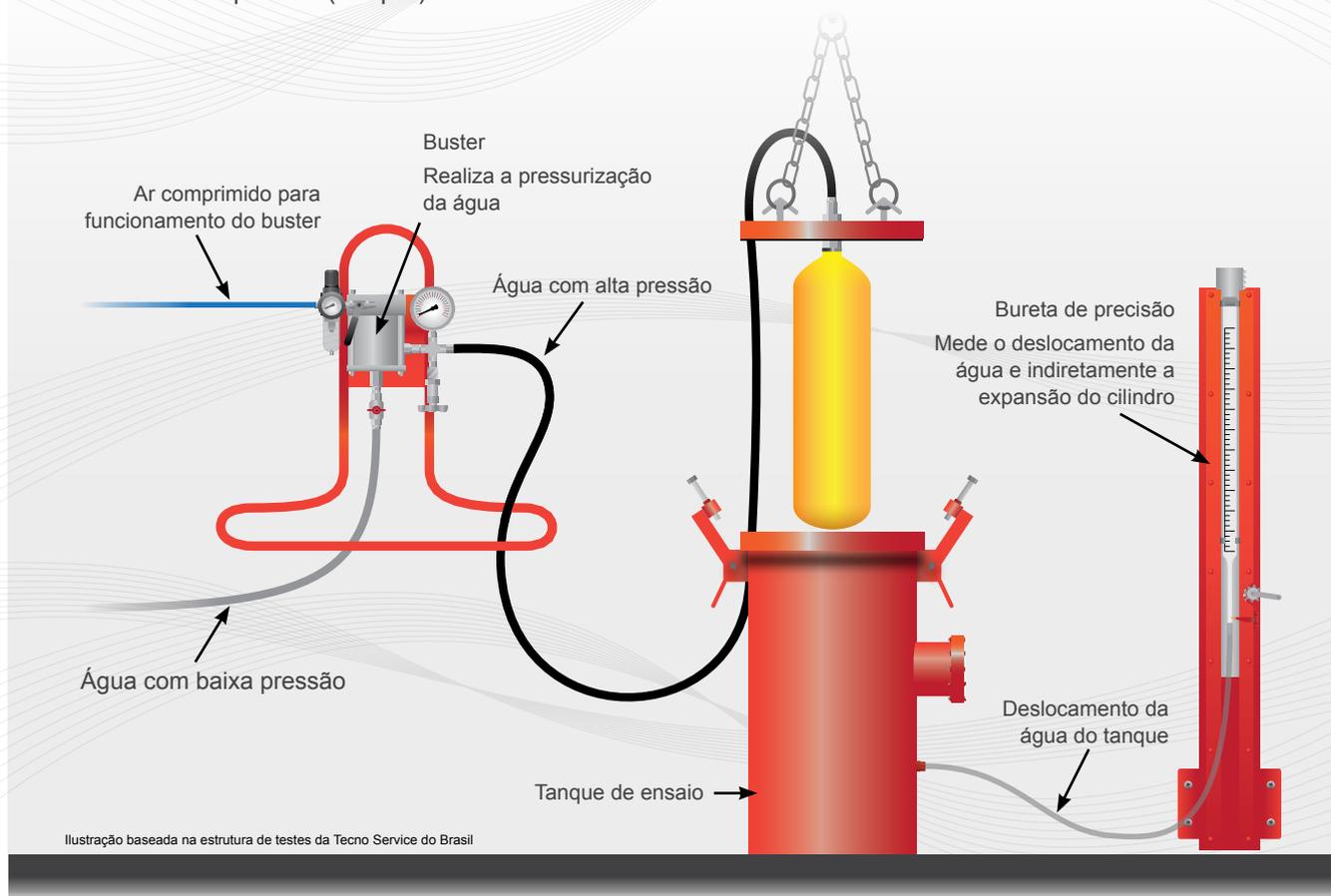
A periodicidade desse teste é estipulada pelo fabricante variando entre 3 e 5 anos. Nos modelos mais antigos de cilindros compósitos, cuja construção é basicamente alumínio e fibra de vidro, o teste hidrostático deve acontecer a cada 3 anos. Com os cilindros compósitos modernos, cuja construção inclui a fibra de carbono, a periodicidade do teste hidrostático se equiparou ao dos cilindros de aço, devendo ser feito a cada 5 anos. Mas é importante salientar que é o fabricante que determina essa periodicidade.

O teste consiste em colocar o cilindro dentro de um tanque com água. Um sistema de água pressurizada é conectado no cilindro e através dessa água é aplicada uma pressão uma vez e meia maior que a pressão de trabalho do cilindro. Exemplificando, para um cilindro de 200 bar é aplicada uma pressão de 300 bar e para um cilindro de 300 bar é aplicada uma pressão de 450 bar.

Com a aplicação da pressão o cilindro irá naturalmente se expandir, e ao se expandir ele desloca parte da água do tanque. A água deslocada pela expansão do cilindro se deslocará por um pequeno tubo até uma bureta de precisão. E graças a uma escala numérica é possível medir o que acontece dentro do tanque.

A pressão sobre o cilindro é reduzida e ele tenta voltar ao seu estado natural, porém, é esperado que a contração não seja o suficiente para ele retornar totalmente ao volume anterior.

A avaliação do cilindro considera o percentual de expansão e a diferença entre o volume original e o volume após o teste. Existem valores limites utilizados para aprovar ou reprovar o cilindro. E acontece de cilindros comprometidos eventualmente colapsarem (romper) durante o ensaio.





Limpeza e higienização

Os equipamentos de proteção respiratória são usados muitas vezes em ambientes com contaminantes, e na maioria das vezes é impossível preservá-los dessa contaminação. Em muitos casos a limpeza externa desses equipamentos é suficiente para impedir danos e deixá-los prontos para o próximo uso. No entanto, dependendo da contaminação podem ser necessários processos de limpeza específicos, ou em casos graves pode levar ao descarte do equipamento ou da substituição das peças mais vulneráveis ao tipo de contaminante.

Além da contaminação externa por produtos orgânicos ou químicos, também existe o risco da contaminação interna, como ocorre com as peças faciais e eventualmente com as mangueiras. Nesses casos a contaminação costuma ser biológica, cuja fonte pode ser do próprio usuário ou pela proliferação de microrganismos em função da temperatura e umidade, seja em uso ou pelo mau armazenamento.

A máscara, por estar tão próxima das vias aéreas, está sujeita ao contato direto com as secreções do corpo humano como a saliva, o suor e o muco nasal. Eventualmente até mesmo sangue pode sujar uma máscara. E isso leva a necessidade da limpeza e da higienização sempre após o uso e, principalmente, quando o equipamento é compartilhado por diferentes pessoas.

No capítulo sobre as linhas de ar comprimido foi destacado que a qualidade do ar que chega as vias respiratórias do usuário depende, entre outras coisas, da higiene das mangueiras e da máscara. Portanto, a limpeza e a higienização de tais componentes são essenciais para a proteção respiratória.

As palavras limpeza e higienização aparecem sempre juntas neste texto, o que pode parecer uma redundância já que parecem ser sinônimos, mas não são. Então qual é a diferença entre limpeza e higienização?

Limpeza

A limpeza acontece através da lavagem, ou seja, por meios mecânicos como a escovação e a passagem de água as partículas que compõe a sujeira são removidas.

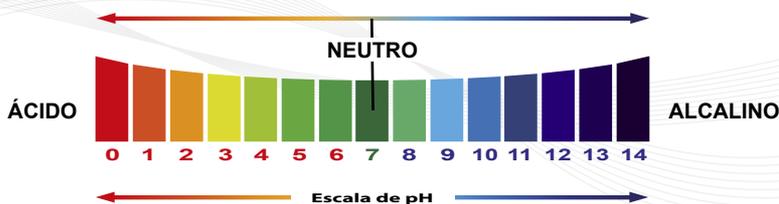
A limitação da limpeza é não conseguir eliminar todos os microrganismos que podem estar no equipamento, por isso é necessária uma segunda etapa chamada de higienização.

Higienização

A higienização é o processo de desinfecção do equipamento através de soluções químicas específicas, que visam destruir os microrganismos como bactérias, fungos e ácaros presentes nas superfícies dos equipamentos.

Uma informação recorrente nos manuais dos equipamentos e na literatura técnica é a recomendação do uso de sabão ou detergente neutro, mas o que isso quer dizer? No contexto da limpeza a palavra neutro é usada para determinar o pH do produto.

O pH é um conceito introduzido pelo químico dinamarquês Peter Sorensen no início do século 20 para medir a presença de íons de Hidrogênio presentes nas substâncias avaliadas. Na prática o valor de pH determina se uma substância é ácida ou alcalina. Trata-se de uma escala que vai de 0 a 14, sendo que todo o valor abaixo de 7 é ácido e todo o valor acima de 7 é alcalino. Ambas as extremidades dessa escala são muito agressivas aos tecidos humanos e a maioria dos materiais que compõem os equipamentos. Portanto, a garantia que um sabão ou um detergente não ira prejudicar quimicamente o material é certificar-se que ele apresenta um pH igual ou próximo a 7, que na escala é o ponto neutro.





Limpeza e higienização da peça facial inteira

Como foi abordado, a máscara é a peça do conjunto de proteção respiratória que mais tem contato com as secreções humanas, portanto, a mais suscetível a contaminação biológica, além da contaminação externa em virtude do ambiente onde foi usada.

Por causa disso, os manuais de produtos e a literatura técnica costumam focar na máscara quando orientam a limpeza e a higienização do respirador. Mas isso não significa que os demais componentes do respirador não devam ser limpos.

A seguir estão listados os procedimentos de limpeza e higienização da máscara.

Limpeza

A válvula de demanda deve ser desconectada da máscara;

A máscara deve ser inspecionada antes da limpeza a fim de identificar partes defeituosas ou danificadas que precisem ser substituídas;

A limpeza deverá ser feita com água morna, cuja temperatura recomendada varia em função da fonte, com valores entre 43°C e 49°C;

Poderá ser usado um sabão ou detergente neutro;

Para uma maior eficiência da lavagem poderá ser usada uma escova ou um pincel de cerdas macias;

Após a limpeza a peça deverá ser bem enxaguada para a eliminação de todos os resíduos de sabão.

A higienização visa eliminar os microrganismos das superfícies da máscara e para isso será necessário o uso de produtos específicos. Produtos como a solução de hipoclorito e a solução aquosa de iodo são mencionados no PPR da Fundacentro, mas não são os únicos. É muito importante conhecer e seguir as orientações do fornecedor sobre os desinfetantes indicados, pois na linha de produtos de um mesmo fabricante pode haver restrições específicas para determinados modelos.

Uma outra fonte importante para buscar orientação sobre os desinfetantes para respiradores são os canais da ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária).

Higienização

A peça deve ser imersa na solução desinfetante por no mínimo 2 minutos;

A máscara deve ser bem enxaguada com água morna até eliminar todos os resíduos do agente desinfetante;

O equipamento deve ser secado naturalmente em local limpo e arejado ou com um pano limpo que não solte fiapos;

A última inspeção do equipamento deve ser realizada e ele deve ser cuidadosamente armazenado.



Limpeza externa do conjunto

Diferentemente da máscara, o restante do conjunto não deve ser limpo com imersão em água ou com jatos de água, principalmente se ele estiver parcialmente desmontado, pois haverá o risco de a água penetrar nas partes internas que não podem ter no seu interior água líquida.

Para uma simples limpeza o recomendável é usar um pano úmido e que não solte fiapos. Um jato de ar comprimido de baixa pressão também pode ser utilizado desde que seja um ar limpo.

Para os casos mais severos de contaminação pode ser necessário o uso de produtos e métodos específicos, com o cuidado de usar meios que não prejudiquem ainda mais o equipamento. Por exemplo, produtos que tem como base solventes são muito agressivos para certos componentes do respirador.

Embora nem sempre o fabricante tenha uma resposta para as demandas dos clientes, o primeiro passo sempre será consultá-lo.

Limpeza e higienização das mangueiras

A higienização das mangueiras é comumente negligenciada, mas é dentro delas que podem proliferar os microrganismos em função da umidade (água condensada) e do calor.

Não existem exigências normativas e nem mesmo um padrão adotado no Brasil para esse tipo de procedimento.

Algumas empresas, por iniciativa própria, adotam a limpeza e a higienização das mangueiras. O processo consiste em limpar externamente, fazer percorrer pelo seu interior um produto detergente com um agente desinfetante, fazer percorrer água limpa para a eliminação do produto de limpeza e desinfecção e depois a passagem de ar seco por um certo tempo para a secagem interna.

Há empresas que vão mais além, esterilizando todo o sistema, incluindo o cavalete de purificação de ar. Os filtros são retirados e uma solução desinfetante é injetada em todo o sistema.

Essa prática ainda é rara no Brasil e a falta de um padrão de procedimento não ajuda, porém, o problema da contaminação interna das mangueiras é um risco real e não deve ser ignorado.



Referências

O trabalho de pesquisa abrangeu muitas fontes diferentes de informação, buscando, muitas vezes, os significados, as definições e os conceitos de conhecimentos básicos. Em muitas dessas pesquisas as dúvidas foram solucionadas em websites de educação como MUNDOEDUCAÇÃO, BRASILESCOLA e INFOESCOLA, entre outros. Muitos artigos técnicos foram acessados pela internet, seja no idioma português como no idioma inglês. Destacam-se os vários artigos da empresa Breathe. Abaixo estão relacionadas as referências bibliográficas mais significativas em língua portuguesa. Como segue:

Coletânea de normas sobre proteção respiratória da ABRASEG;

ABNT NBR 13695:1996 - norma técnica sobre Peça Facial Inteira;

ABNT NBR 13716:1996 - norma técnica sobre Máscara Autônoma com Circuito Aberto;

ABNT NBR 14372:1999 - norma técnica sobre Respirador de Linha de Ar comprimido com peça Facial;

ABNT NBR 12543:2017 - norma técnica sobre Equipamentos de Proteção Respiratória - Classificação;

ABNT NBR ISO 16972:2015 - norma técnica sobre Equipamentos de Proteção Respiratória - Termos, definições, símbolos gráficos e unidades de medida;

Programa de Proteção Respiratória - FUNDACENTRO - ano 2016 - autor e coordenador Maurício Torloni;

Manual e Proteção Respiratória - ABHO - Autores Maurício Torloni e Antonio Vladimir Vieira - edição de 2003;

Manual de Fundamentos do corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo - Proteção Respiratória;

Manual de Tratamento de Ar Comprimido - versão 2006 - FARGON;

Projetos de Sistemas de Adução de Ar - "Ar Mandado" - Boletim Técnico da Scott / 3M.

Limpeza e Desinfecção dos Respiradores Reutilizáveis Semifacial e Facial Inteira contra Potencial Exposição ao Coronavírus - Boletim Técnico da Scott / 3M.



Indicação de literatura complementar



Para aquisição:

Edição em português

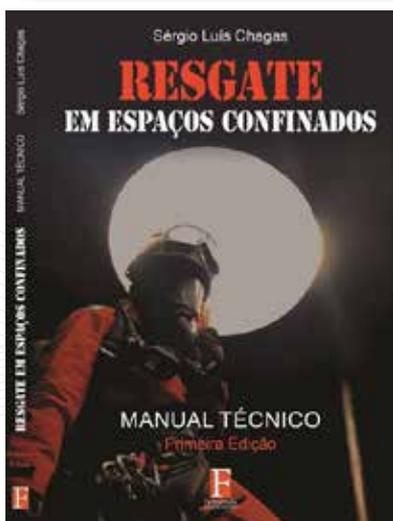
Loja física e virtual da Climb Clean

www.climbclean.com.br/acessorios/livros

Edição em espanhol

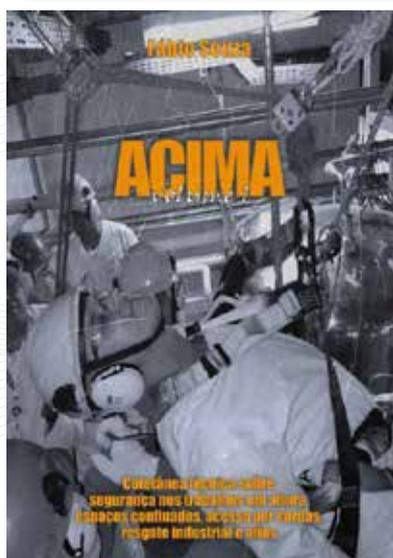
Loja virtual da Amazon

www.amazon.com.br



Para aquisição:

A compra poderá ser realizada diretamente com o autor no telefone (WhatsApp) 31 98856-8634.



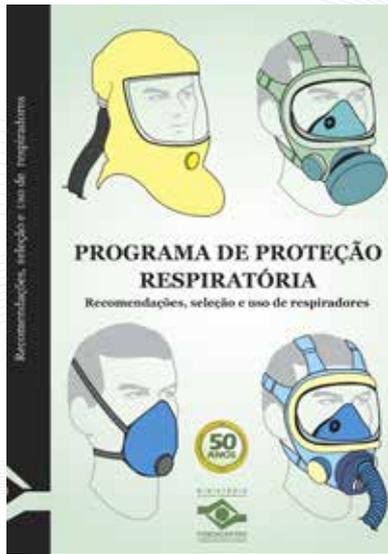
Para aquisição:

(19) 99744-2315

acimavendas@gmail.com

Instagram @fabio_ca_souza

Indicação de literatura complementar



Para aquisição:

Download gratuito em http://arquivosbiblioteca.fundacentro.gov.br/exlibris/aleph/a23_1/apache_media/TVBBD65RVMUX25NF4DFJ7K8VKDIM21.pdf



Para aquisição:

Download gratuito em www.spinelli.blog.br



Para aquisição:

Download gratuito em www.spinelli.blog.br



Agradecimentos

Uma obra como esta, considerando a sua importância e a sua complexidade, não poderia ser produzida sem a colaboração de várias pessoas.

Abaixo estão listados os nomes dos profissionais que contribuíram com informações técnicas, com o esclarecimento de dúvidas, com o fornecimento de materiais de pesquisa, com críticas e com sugestões.

Adelton
Diretor da DTS Service.

Alexandro Consentino
Chicago Pneumatic

André Mozeto
Diretor Técnico da Connex Proteção Respiratória

Claudinei Machado Jr
Diretor da Breathe.

Diego Sanches
Diretor da IBR Brasil.

Dimas Nascimento
Especialista de Produto da Atlas Copco Brasil.

Edmilson L. Silva
Tecno Service do Brasil Ltda

Eduardo Slomp Aguiar
Major do Corpo de Bombeiros do Estado do Paraná - autor do Livro Resgate Vertical.

Fabrcio Perini
Diretor Comercial da DTS Service.

Fabio Souza
Coordenador técnico de treinamentos, resgate e acesso por cordas. Autor do livro Acima volume 1.

Giorgia Rafaela
Engenheira Ambiental e pós-graduada em engenharia de segurança do trabalho.

João Luís Correa Leite
Gerente Técnico e Contratos da Balaska

Luiz Otávio Arantes
Engenheiro de Aplicação

Luiz Cezar Freire
Engenheiro de segurança do trabalho e Oficial da Reserva do Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo.

Marcel Fernandes
Diretor Executivo da Tecnisub

Prof. Mário Sobral Jr
Engenheiro de Segurança do Trabalho

Michel Silva
Engenheiro de Campo da Honeywell

Rafael Alexandre
Técnico em Segurança do Trabalho.

Eng. Ricardo Tadeu Cury Azevedo
Depto. Técnico/Comercial da FARGON.

Sérgio Luís Chagas
Bombeiro Militar, tecnólogo em Segurança do Trabalho e autor do livro Resgate em Espaços Confinados.

Sérgio Rivaldo
Diretor Técnico da Kaefy do Brasil.



Em constante evolução!

BONIER

EQUIPAMENTOS
LINHAS DE VIDA
ANCORAGENS
FIXAÇÃO
RESGATE



PRODUTOS
ALTAMENTE
DURÁVEIS!



 www.bonier.com.br



EQUIPAMENTOS DE SEGURANÇA! QUALIDADE CERTIFICADA!



ATENDIMENTO
41 3288-1298
bonier@bonier.com.br



BONIER
IND. BRA. EQUIPAMENTOS



KAEFY

EMERGEN

UMA EMPRESA A SERVIÇO DA VIDA

Locação e venda de equipamentos de Ar Respirável

Carretas de ar respirável, equipamentos autônomos e compressores de ar respirável.

Insufladores e exaustores

Equipamentos para trabalhos em altura;

Equipamentos para emergências químicas.



www.kaefy.com.br



Mascara Combat DTS PFF2.



Compressor Nardi
(Distribuidor Autorizado Nardi)



Ferramenta Service Posicheck
(DTS Service com laudo computadorizado)



Equipamento Autônomo Dräger
(Distribuidor autorizado Dräger)

DTS Technik Air Service Industria e Comercio Ltda.
Rua Margarida, 89 - Vila Vilma - Santo André / SP - Brasil - (11) 2379-4946
contato@dtsservice.com.br - <http://www.dtsservice.com.br>

JORNAL SEGURITO+ Prof. Mário Sobral Jr - Jornal Segurito (14 anos)

www.jornalsegurito.com

Spotify - Segurito em Cast



Youtube - Canal Jornal Segurito

Youtube - Canal SST é o Canal





www.climbclean.com.br

Edição em português

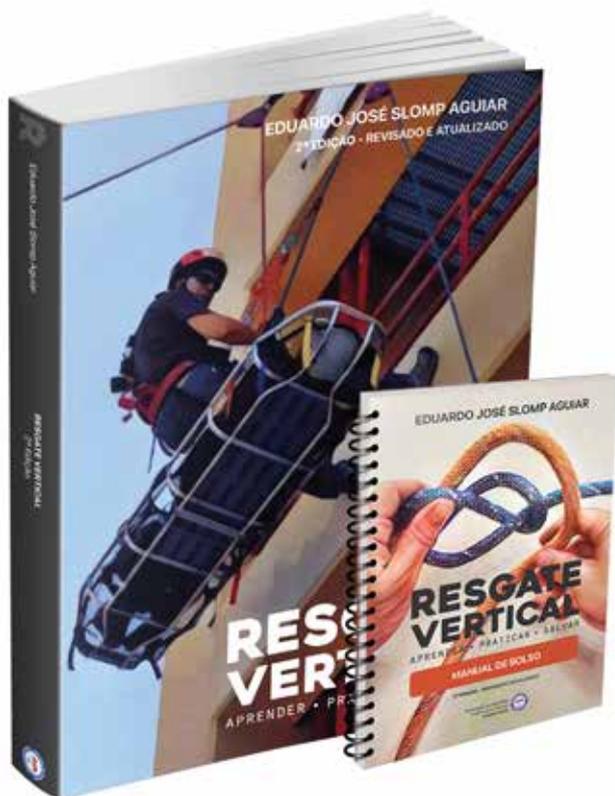
Loja física e virtual

www.climbclean.com.br/acessorios/livros

amazon

Edição em espanhol

Versões digital e impressa



ACIMA

Volume 1

Coletânea técnica sobre segurança nos trabalhos em altura, espaços confinados, acesso por cordas, resgate e afins.

Livro de referência técnica nacional para profissionais de segurança do trabalho, acesso por cordas e resgate.



Vendas:

(19) 99744-2315

acimavendas@gmail.com

Instagram @fabio_ca_souza



Giorgia Rafaela

Especialista em Proteção Respiratória



Programa de Proteção Respiratória - Serviços



Curso de Capacitação em Proteção Respiratória



Palestras e Consultoria

www.giorgiarafaela.com.br

(47)991919169

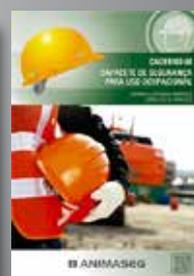
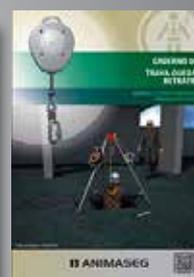
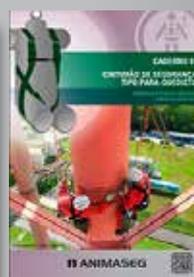
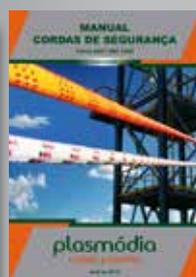
contato@giorgiarafaela.com.br

Spinelli
criador de conteúdos

Conteúdos técnicos de qualidade

acesso livre e gratuito

www.spinelli.blog.br



Manual

PROTEÇÃO RESPIRATÓRIA PARA ATMOSFERAS IPVS EQUIPAMENTOS AUTÔNOMOS E DE LINHA DE AR

Luiz Spinelli

Patrocínio



Apoio

