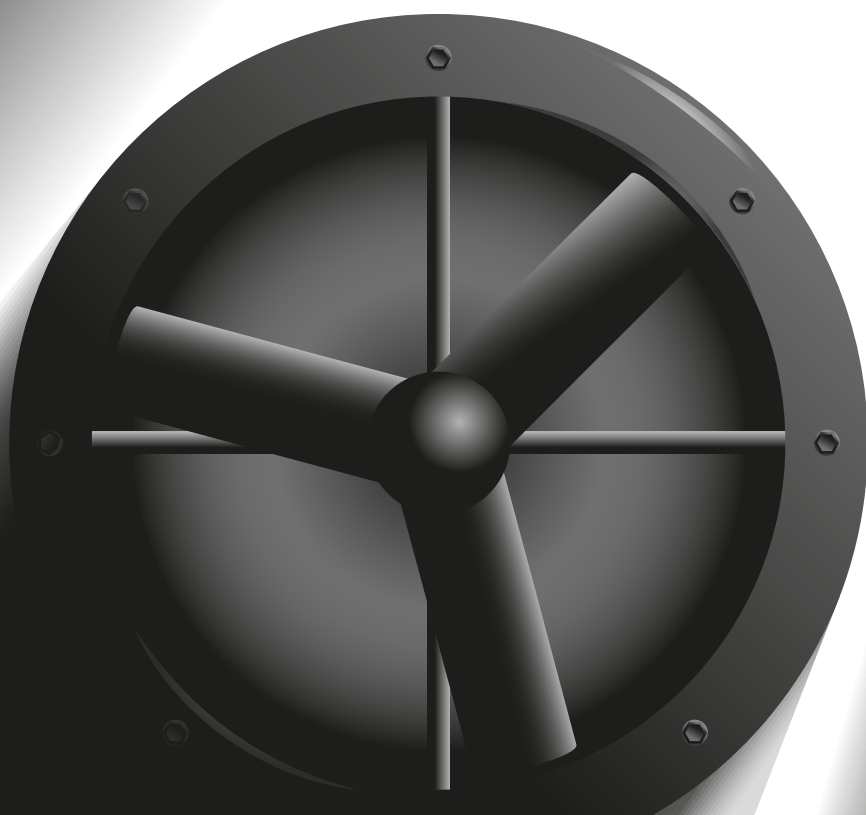
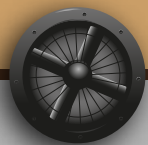


Manual

VENTILAÇÃO EM ESPAÇOS CONFINADOS

Luiz Spinelli





Luiz Spinelli

www.spinelli.blog.br

luiz@spinelli.blog.br

Copyright © 2020

Direitos reservados

Spinelli, Luiz Eduardo

São Paulo - SP - Brasil

Julho de 2020.

Capa de Luiz E. Spinelli

Texto e diagramação de Luiz E. Spinelli

Ilustrações de Luiz E. Spinelli

Primeira revisão

Luiz Cesar Freire

Revisão final

José Roberto Maramaldo



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 inserções ou alterações.

PATROCÍNIO

ACROTEC EQUIPAMENTOS LTDA

www.acrotec.com.br

**DTS SERVICE EQUIPAMENTOS DE
SEGURANÇA**

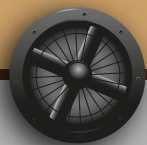
www.dtsservice.com.br

IBR Brasil

www.ibrbrasil.ind.br

KAEFY DO BRASIL LTDA

www.kaefy.com.br



Objetivo

Por definição, os ambientes classificados como espaços confinados apresentam uma ventilação precária ou inexistente. E essa realidade gera vários problemas que comprometem o conforto, a saúde e a segurança dos trabalhadores que atuam nesses ambientes.

Os riscos atmosféricos são estatisticamente os maiores causadores de acidentes de trabalho em espaços confinados, pois são o que podemos classificar como inimigos invisíveis.

Somente com tecnologias adequadas é possível avaliar e monitorar uma atmosfera em espaços confinados, para determinar a concentração de oxigênio e/ou a presença de gases asfixiantes, tóxicos e inflamáveis.

Os detectores de gases, desde que tenham os sensores adequados, podem identificar se há perigo em um espaço confinado, mas é com a ventilação que os riscos podem ser anulados ou controlados.

A ventilação em espaços confinados é um tema complexo e técnico que costuma ser frequentemente negligenciado ou subestimado. Muitos acreditam que basta um ventilador provido de tubos para solucionar os problemas de segurança nesses ambientes. Entretanto, o planejamento e as técnicas de ventilação exigem mais conhecimento técnico.

Esta obra busca atender profissionais de diferentes perfis. Ela é suficientemente didática para instruir uma pessoa leiga sobre o assunto e ao mesmo tempo aperfeiçoar o conhecimento de profissionais que já usam os equipamentos e os procedimentos de ventilação em espaços confinados.

O foco deste manual é as tecnologias de ventiladores portáteis.

Boa leitura!

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



ACROTEC EQUIPAMENTOS LTDA
www.acrotec.com.br



DTS SERVICE EQUIPAMENTOS DE SEGURANÇA
www.dtsservice.com.br



IBR Brasil
www.ibrbrasil.ind.br

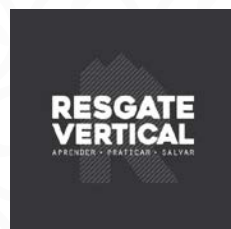


KAEFY DO BRASIL LTDA
www.kaefy.com.br

APOIO



JORNAL SEGURITO
www.jornalsegurito.com



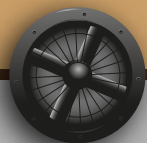
RESGATE VERTICAL
www.facebook.com/resgatevertical

O manual sobre Detecção de Gases complementa as informações contidas nesta obra.

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

www.spinelli.blog.br



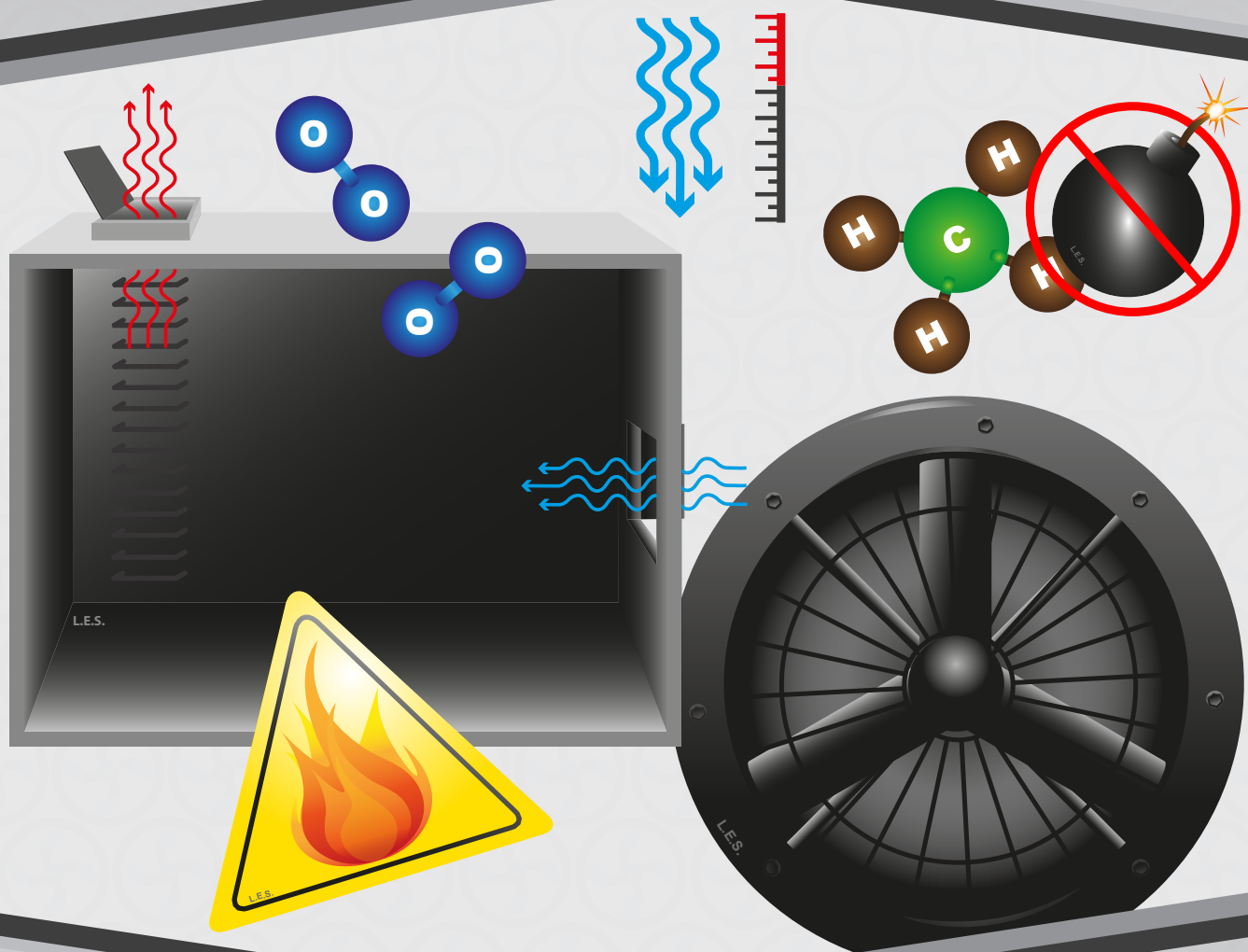


INDICE

Capítulo 1 - Definições e conceitos básicos	07
O que é um espaço confinado?	08
Ventilação	09
Processo de purga	11
Avaliação e monitoramento atmosférico	12
Gases e vapores	13
Particulados	15
Volume	17
Vazão	18
Pressão	19
Energia estática	23
Capítulo 2 - Equipamentos de ventilação	26
Tipos de ventiladores	27
Ventiladores tipo axial	29
Ventiladores centrifugos	31
Ventiladores tipo Venturi	32
Capítulo 3 - Equipamentos para áreas classificadas	34
Classificação	35
Proteções	36
Certificação	37
Capítulo 4 - Métodos de ventilação	39
Ventilação geral	43
Ventilação local	44
Ventilação conjugada	45
Problemas e soluções	46
Capítulo 5 - Tempo de ventilação	55
Solução de problemas preexistentes	57
Manutenção das boas condições atmosféricas	60
Capítulo 6 - Seleção de ventiladores	62
Considere as rotinas	63
Considere os tipos de espaços confinados	64
Considere os tipos de contaminantes	65
Especificações técnicas	65
Referências	67
Agradecimentos	68
Apoiadores	69

CAPITULO 1

DEFINIÇÕES E CONCEITOS BÁSICOS



O que é um espaço confinado?

São três as características básicas que definem se um determinado ambiente de trabalho deve ser considerado um espaço confinado. São elas:



Não foi projetado para a ocupação humana contínua.



Oferece entradas e saídas limitadas.



Apresenta uma ventilação precária ou inexistente.

Definições formais

Norma Regulamentadora Nº 33

33.1.2 Espaço Confinado é qualquer área ou ambiente não projetado para ocupação humana contínua, que possua meios limitados de entrada e saída, cuja ventilação existente é insuficiente para remover contaminantes ou onde possa existir a deficiência ou enriquecimento de oxigênio.

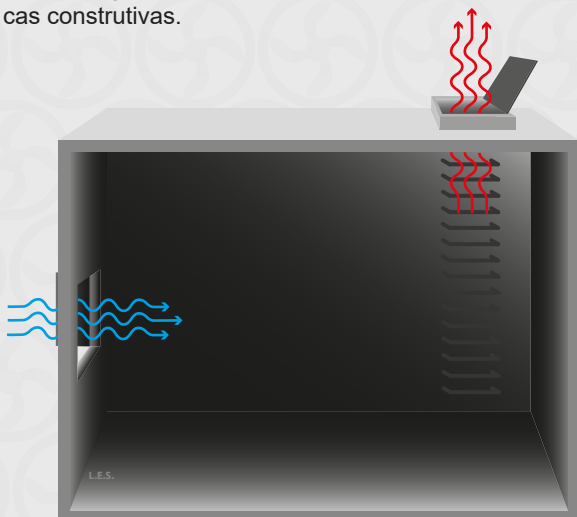
ABNT NBR 16577:2017

Qualquer área não projetada para ocupação humana contínua, a qual tem meios limitados de entrada e saída ou uma configuração interna que possa causar aprisionamento ou asfixia em um trabalhador e na qual a ventilação é inexistente ou insuficiente para remover contaminantes perigosos e/ou deficiência/enriquecimento de oxigênio que possam existir ou se desenvolver ou conter um material com potencial para engolfar/afogar um trabalhador que entrar no espaço.

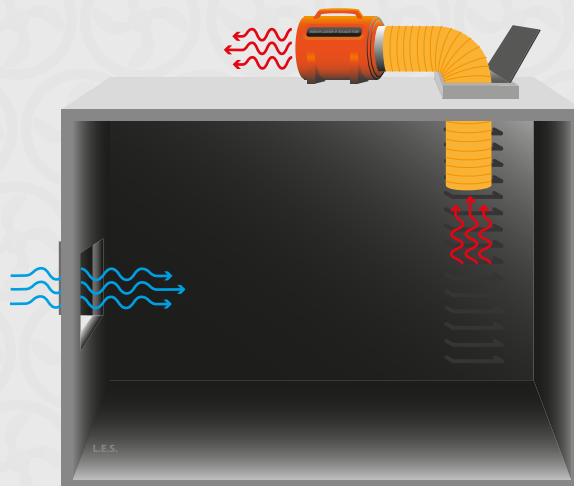
Ventilação

Vento é o deslocamento de gases, incluindo o ar. E a ventilação consiste no processo de gerar uma movimentação constante de ar em um determinado ambiente de trabalho, seja essa movimentação gerada de forma natural ou de forma mecânica.

A **ventilação natural** raramente se apresenta como uma solução ideal, porque depende de vários fatores que os trabalhadores não podem controlar, como temperatura, pressão, movimentação do ar no meio externo, a posição das entradas e saídas e as características construtivas.



Com a **ventilação mecânica** é possível aplicar uma solução eficiente, desde que ela se baseie numa boa avaliação do ambiente e das condições de trabalho, num bom planejamento do sistema de ventilação e no uso do equipamento adequado.



Ventilação mecânica

Existem duas formas diferentes de ventilar um espaço confinado. A primeira coleta ar do meio externo e o insufla (sopra) para dentro do espaço confinado. A segunda exaure (suga) o ar do ambiente fechado e o lança para o meio externo.

A seleção de um ou de outro método depende da avaliação do ambiente, do trabalho a ser executado e das características do contaminante.

Insuflação (soprar)



Exaustão (sugar)



Por que ventilar?

Neste trabalho abordaremos os processos de ventilação com foco nas atividades em espaços confinados porque, como foi apresentado no item anterior, esses ambientes não foram projetados para a ocupação humana contínua, por isso, a ventilação pode ser precária ou até mesmo inexistente.

O fato desses ambientes apresentarem uma atmosfera que não se renova gera alguns graves problemas de segurança para os trabalhadores. O simples fato das pessoas respirarem em um ambiente fechado pode levar a uma diminuição perigosa da concentração de oxigênio, já que, a cada ciclo de respiração, cada pessoa absorve parte do oxigênio presente no ar e libera o gás carbônico. Dependendo do tamanho do ambiente, do número de pessoas e do tempo transcorrido a qualidade do ar ambiente irá se deteriorando, podendo alcançar limites perigosos, e até mesmo fatais.

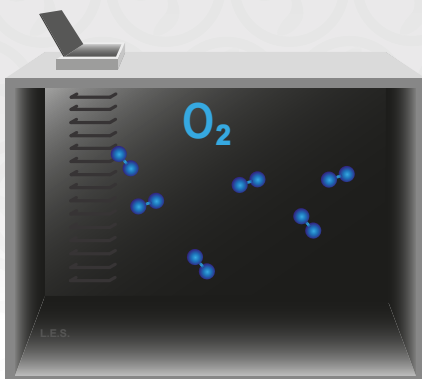
Mas a concentração de oxigênio dentro de um espaço confinado não é a única preocupação. Temos que considerar que os ambientes podem armazenar, de forma proposital ou acidental, substâncias orgânicas e produtos químicos que podem contaminar a atmosfera do ambiente, tornando-os asfixiantes, tóxicos ou inflamáveis.

Uma vez identificado o perigo, uma das técnicas mais empregadas para controlar ou anular o risco é a ventilação. Por meio dela contaminantes podem ser diluídos ou eliminados de dentro do espaço confinado.

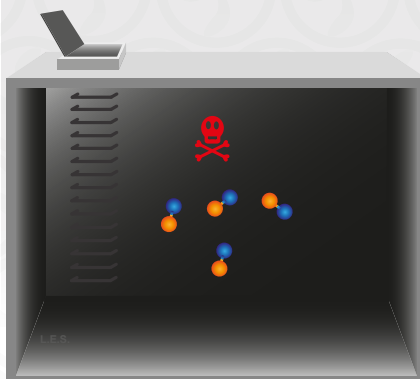
Além dos gases e dos vapores, a ventilação também pode ser usada para eliminar ou controlar particulados (poeiras, fibras e fumos), controlar a temperatura de um ambiente fechado ou eliminar fortes odores.

Exemplos

Garantir níveis seguros de oxigênio.



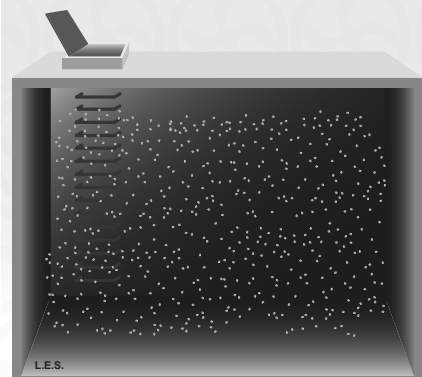
Eliminar ou controlar concentrações de gases tóxicos ou asfixiantes.



Eliminar ou controlar concentrações de gases inflamáveis.



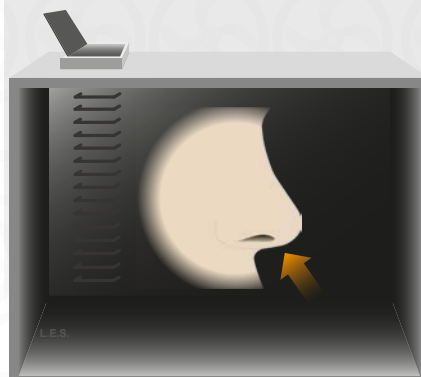
Eliminar ou controlar particulados.



Controlar a temperatura ambiente.

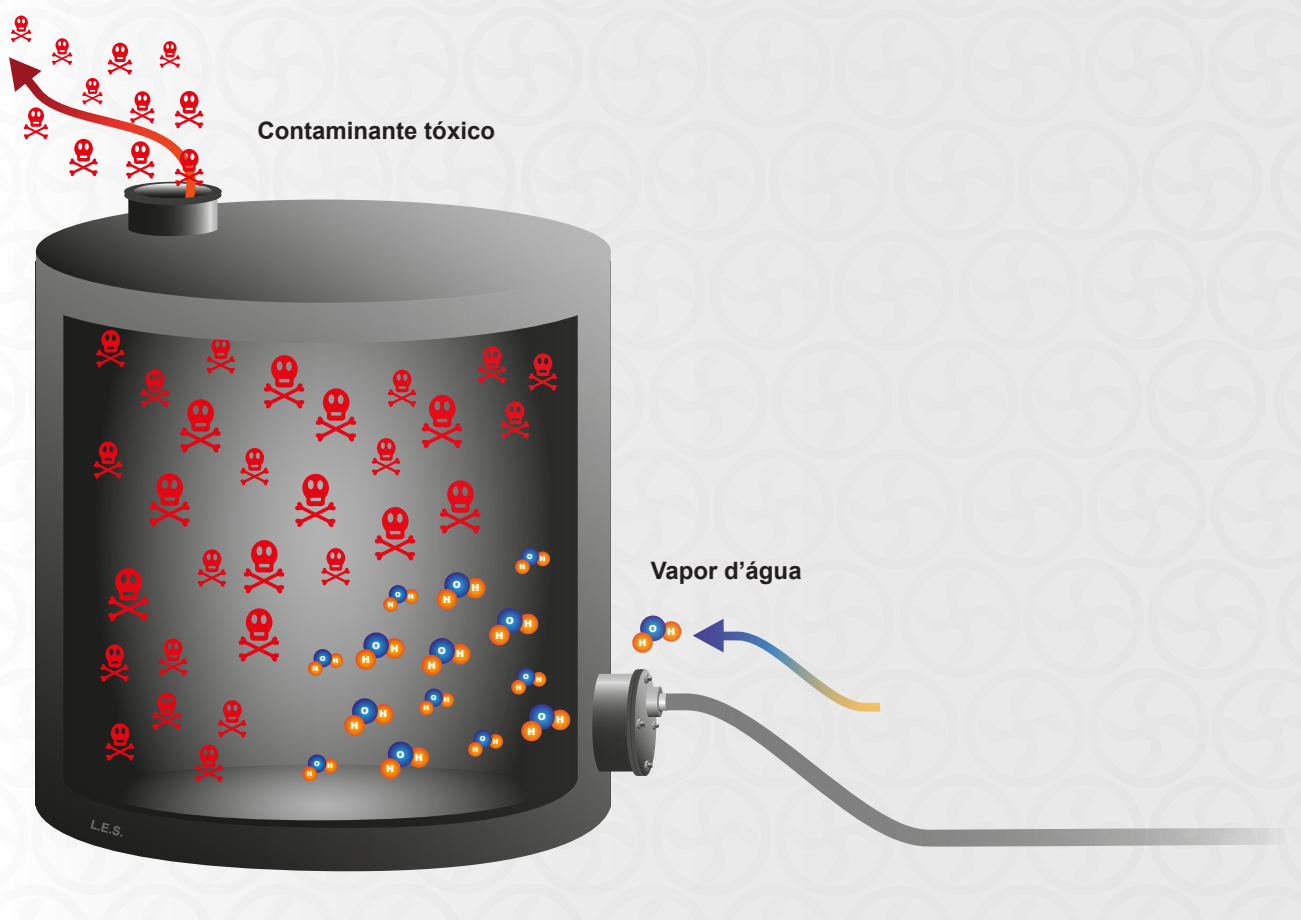


Eliminar ou controlar fortes odores.



Processo de purga

Os métodos de purga visam purificar um ambiente contaminado. Trata-se de um método de limpeza. Assim como os métodos de simples ventilação, o processo de purga visa deixar segura uma atmosfera de um ambiente de trabalho. Mas a diferença principal é que a purga é um procedimento que obrigatoriamente deve ser executado antes do ingresso de trabalhadores no espaço confinado. A outra diferença é que o agente purgador, ou seja, aquilo que irá ocupar o lugar do contaminante expulsando-o para fora do ambiente, não se limita ao ar, havendo como opções o vapor d'água ou um gás inerte.



O agente a ser usado no processo de purga depende do tipo de contaminante e do ambiente a ser limpo.

Sobre o uso dos gases inertes que podem ser, por exemplo, o Nitrogênio ou o Dióxido de Carbono, a Norma Regulamentadora número 33 define esse processo como inertização. E é muito usado para atmosferas inflamáveis, pois ao ocupar o lugar do oxigênio evita o risco de incêndio e explosão.

Como este manual tem como foco as técnicas de ventilação, não será aprofundado os processos de purga.

Avaliação e monitoramento atmosférico



Medidor de Estresse Térmico
Para medir a sensação térmica.

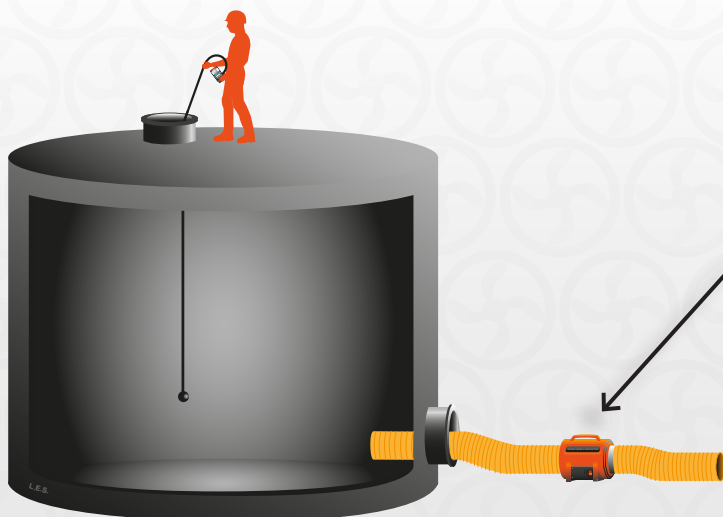


Detector de gás
Para detectar e medir a concentração de gases.

O processo de ventilação, seja qual for o método, é usado para corrigir problemas que podem ser encontrados no interior de um espaço confinado. Então, a adoção da ventilação vem após uma cuidadosa avaliação do ambiente. Por exemplo, a temperatura e a sensação térmica dentro de um espaço serão avaliadas por um medidor de estresse térmico, também conhecido como termômetro de globo (bulbo). A concentração de oxigênio presente na atmosfera do ambiente ou a presença de gases tóxicos, de gases asfixiantes ou de gases inflamáveis será avaliada com um detector de gases.

Os detectores de gás são essenciais para lidar com a concentração de oxigênio e a presença de gases perigosos, seja numa avaliação inicial antes do ingresso dos trabalhadores no espaço confinado, como também para o monitoramento das condições atmosféricas ao longo do período de trabalho.

A eficiência da ventilação, quando é tratado sobre o controle de gases, só pode ser avaliada por meio dos detectores de gases, lembrando que no momento das medições a ventilação deverá estar desligada, para não gerar um falso resultado (fazendo com que o detector avalie o ar que está entrando no espaço e não o que está dentro dele).

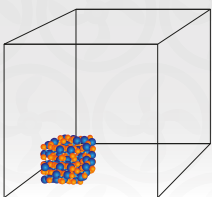


As avaliações devem considerar todo o espaço, e não somente a entrada ou o fundo do ambiente.

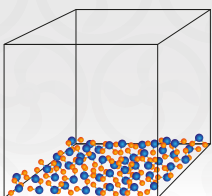
As avaliações feitas para medir a eficiência da ventilação devem ser realizadas com o ventilador desligado.

Gases e vapores

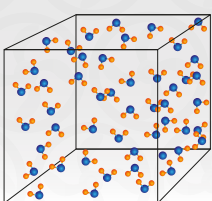
Estado sólido



Estado líquido



Estado gasoso



O gás é um dos principais estados da matéria, que inclui o sólido, o líquido e o gasoso.

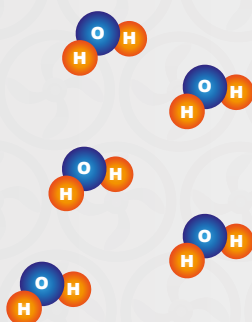
No estado gasoso a matéria não tem uma forma ou um volume próprio, por ser composta por moléculas não unidas, expandidas e com pouca força de atração entre si. Isso faz com que os gases possam se expandir até ocupar todo o volume do recipiente que os contém.

Os vapores também são formados por substâncias em forma gasosa, porém, o que os diferencia é o fato de voltarem ao estado líquido quando submetidos a uma diminuição de temperatura ou então a um aumento de pressão. Bastando apenas uma dessas condições para retornar ao estado líquido.

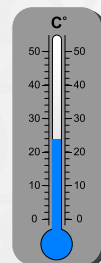
Podemos usar um exemplo fácil, que é o vapor d'água. O vapor de água não é visível a olho nu, pois está em forma de gás, mas basta uma diminuição da sua temperatura para que comece a se condensar e formar pequenas gotículas que juntas criam aquela névoa branca que é facilmente observada.

Os vapores são substâncias na forma gasosa que se condensam e voltam ao estado líquido quando submetidos a mudanças de temperatura e/ou pressão.

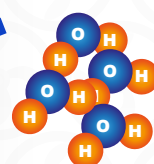
Em estado gasoso



Alteradas as condições de temperatura ou pressão



Condensam



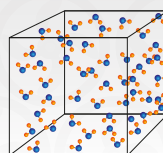
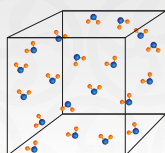
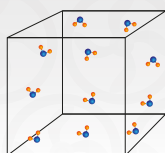
Densidade dos gases e vapores

Os gases e os vapores apresentam propriedades como volume, pressão, temperatura, densidade e relativo peso, entre outras.

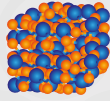
E entre todas as propriedades dos gases existem duas a serem destacadas, pois se relacionam com questões práticas no planejamento da ventilação de espaços confinados. São elas a densidade e o peso.

A densidade é definida pela relação entre a quantidade de matéria e o volume que essa matéria ocupa. Veja os exemplos abaixo.

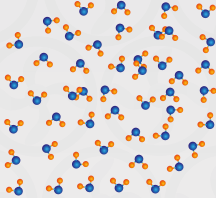
A densidade de um gás é ilustrada nos exemplos abaixo, em que num volume de 1 m³ (um metro cúbico) o gás pode ser formado por um número maior ou menor de moléculas, ou seja, pode ser formado por mais ou menos matéria.



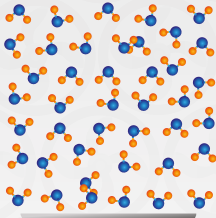
Algumas definições básicas que devem ser lembradas



Massa = quantidade de matéria



Densidade = quantidade de matéria em um determinado espaço.



Peso = ação da gravidade sobre a massa.

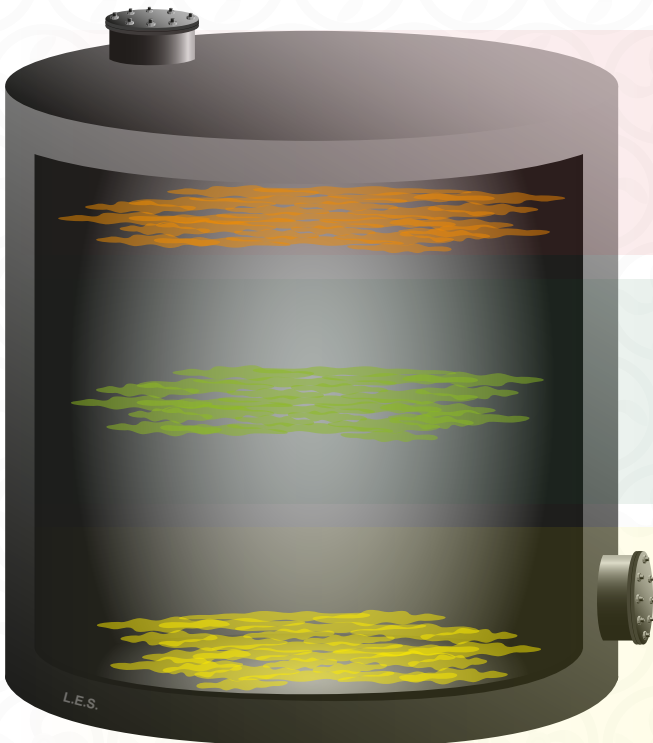


Na prática

Gases menos densos que o ar atmosférico, a exemplo do Hidrogênio ou do Metano, irão se acumular no alto do ambiente.

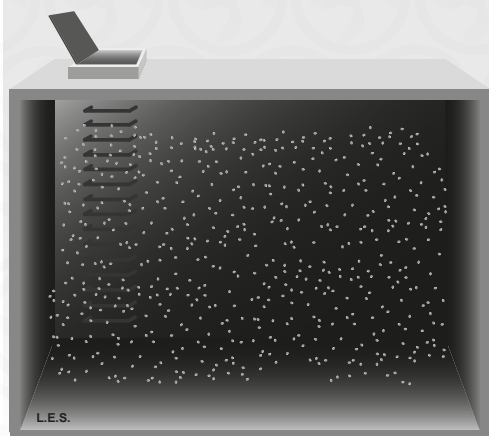
Gases com uma densidade próxima a do ar, como por exemplo o monóxido de carbono, podem se concentrar em qualquer parte do ambiente, seja no topo, no meio ou no fundo do espaço.

Gases com uma densidade maior que o ar atmosférico, como por exemplo o Butano, podem se acumular no fundo do ambiente.



Particulados

Poeiras, fibras e fumos.



Assim como os gases, as substâncias em forma de particulados podem ser encontradas em suspensão no ar, e podem contaminar perigosamente a atmosfera de um espaço confinado.

O que diferencia os chamados particulados em relação aos gases é que eles são formados por partículas sólidas. E as diferentes partículas sólidas são classificadas em poeiras, fibras e fumos.

Estas partículas podem ser formadas por material orgânico ou por material inorgânico. Por exemplo, a poeira proveniente do atrito no armazenamento de grãos (soja, milho etc.), bem como as fibras de algodão, são de origem orgânica.

Os fumos, provenientes de trabalhos de solda e oxicorte, são exemplos de particulados de origem inorgânica.

Tipos de particulados

Poeiras

As chamadas poeiras são formadas por partículas criadas por ações mecânicas como abrasão (atrito), trituração, polimento, entre outros. Pode-se usar o armazenamento de grãos (soja, milho, etc) como exemplo. Ao serem lançados dentro dos silos atiram entre si gerando as pequenas partículas que chamamos de poeira.

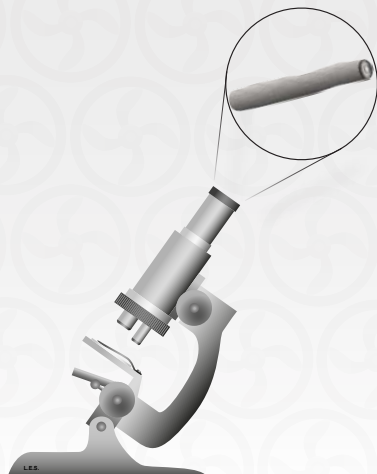
Este tipo de partícula pode afetar a saúde de trabalhadores e tornar o ambiente potencialmente explosivo.



Fibras

As chamadas fibras podem ter as mesmas origens das partículas de poeira. No entanto, se diferem no formato. Para que a partícula seja classificada como fibra o seu formato deve apresentar um comprimento no mínimo três vezes maior que o seu diâmetro.

Um exemplo desse tipo de partícula é a criada nas linhas de produção dos fios de algodão. E como as poeiras, são potencialmente danosas a saúde.



Fumos

Os chamados fumos também se constituem de partículas sólidas. A sua origem vem de processos em que metais passam do estado sólido ou líquido para o estado gasoso. Quando há a condensação desses vapores, formam-se as partículas sólidas que podem ser inaladas por trabalhadores.

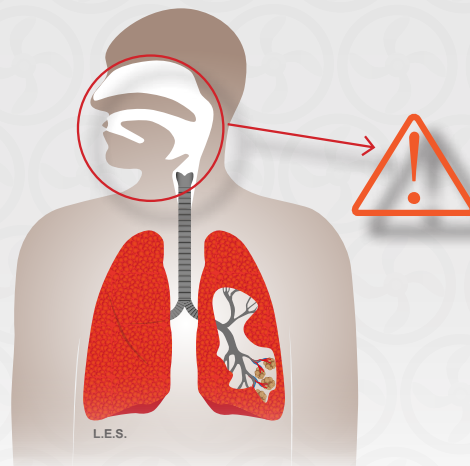
Como os demais particulados, podem apresentar riscos a saúde de trabalhadores.



Particulados inaláveis, torácicos e respiráveis

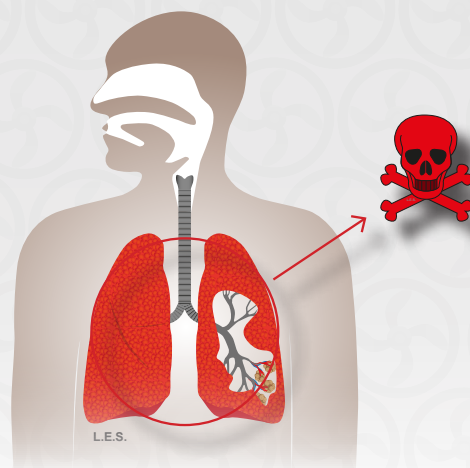
Inaláveis

O que define uma partícula como inalável é o seu tamanho, considerando que estamos tratando de medidas em microns (frações de milímetros). Este tipo de partícula é maior em relação as outras duas categorias. Por causa do seu tamanho, se uma pessoa a inalar, a maior parte ficará retida no sistema respiratório superior (boca, nariz, faringe e laringe). A retenção dessas partículas antes que cheguem aos pulmões é uma das formas de defesa do organismo humano.



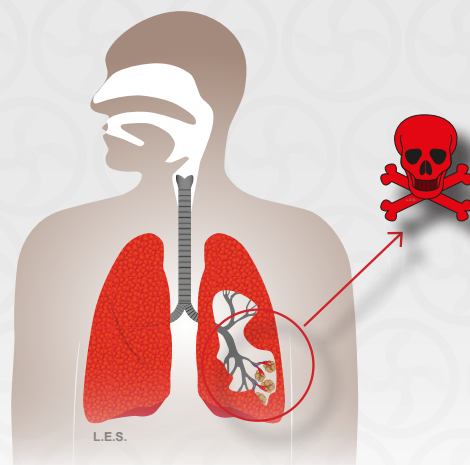
Torácicos

Os particulados classificados como torácicos são menores do que os inaláveis, e por causa do tamanho conseguem penetrar no sistema respiratório e chegar até os pulmões, afetando o processo de respiração.



Respiráveis

As partículas classificadas como respiráveis são ainda menores que as duas categorias anteriores, e por causa do tamanho conseguem penetrar no sistema respiratório muito mais profundamente, chegando aos alvéolos pulmonares, que é onde acontece a troca de gases do ar com a corrente sanguínea. Para esta condição o corpo humano não tem defesas e as complicações para a saúde de uma pessoa são muito mais severas.

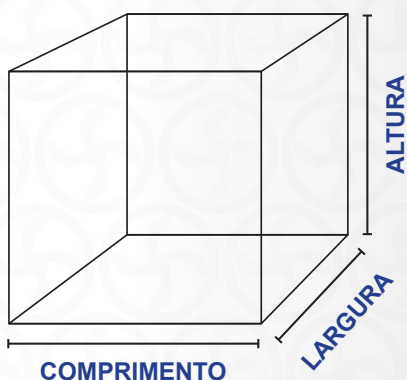


Volume

Existem certas grandezas físicas (medidas) que precisam ser usadas no planejamento e no processo de ventilação em espaços confinados. As duas primeiras a serem abordadas são o volume e a vazão.

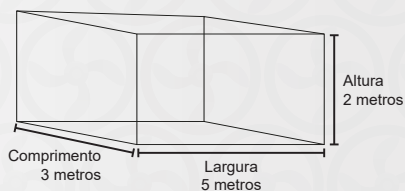
O volume de um corpo é a quantidade de espaço que ele ocupa. Neste contexto, o que será medido é a quantidade de ar dentro de um determinado ambiente. O ar é um composto de gases, e sabemos que uma das propriedades dos gases é, em geral, ocupar todo o espaço que o contém. Calculando o tamanho desse espaço será obtida a quantidade de ar dentro dele.

O sistema internacional de unidades de medidas utiliza o metro cúbico, cujo símbolo é m^3 . Mas o que é o metro cúbico? É um espaço formado por três dimensões, que inclui o comprimento, a largura e a altura.



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.

Considerando estas três dimensões é possível calcular o volume de espaços com outros tipos de geometria como, por exemplo, o paralelepípedo. Veja este exemplo:



Para calcular o volume de um espaço é preciso multiplicar os valores das três dimensões (comprimento x largura x altura). Considerando os valores ao lado:

$$3 \text{ m} \times 5 \text{ m} \times 2 \text{ m} = 30 \text{ m}^3$$



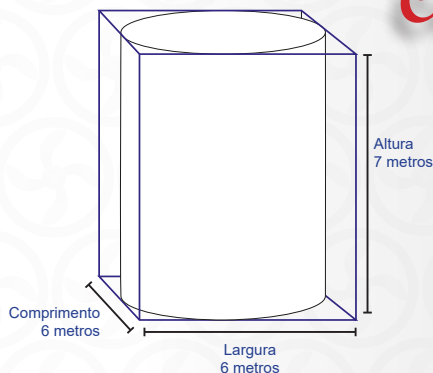
Para calcular o volume de um ambiente com o formato geométrico de **cilindro** o cálculo é um pouco mais complexo. Será necessário usar dois valores variáveis que é a altura e o raio e um valor fixo que é o número pi (π), que é composto por muitas casas decimais. No entanto, para este cálculo pode ser limitado ao número 3,14. O volume é obtido multiplicando 3,14 (π) x raio ao quadrado x altura.

Para compreender melhor vamos fazer um exercício com os valores ao lado:

$$3,14 \pi \times 3^2 \text{ m} \times 7 \text{ m} = 197,82 \text{ m}^3$$

nº pi (3 x 3)

Calma!



Se você é do tipo que entra em pânico diante da matemática e achou que o cálculo acima é muito complicado, existe uma alternativa mais simples. As dimensões de um ambiente podem ser estimadas e os cálculos não precisam ser precisos. Mas qualquer margem de erro deve ser sempre para mais e nunca para menos. Diante desse fato, uma alternativa mais simples para calcular um ambiente cilíndrico é tratá-lo como se fosse um paralelepípedo, como no exemplo ao lado. A área calculada será maior, mas isso, sobre o ponto de vista da segurança, não será um problema.

Veja como fica o cálculo tratando o ambiente como um paralelepípedo:

$$6 \text{ m} \times 6 \text{ m} \times 7 \text{ m} = 252 \text{ m}^3$$

Mas e daí? O que eu faço com isso?

A necessidade de calcular o volume de um espaço confinado é para descobrir quanto tempo será necessário para promover a troca de todo o ar desse ambiente.

Esse controle só é possível na ventilação feita por meios mecânicos, utilizando um ventilador para a insuflação ou a exaustão do ar do espaço confinado.

Mas o cálculo do volume de ar é só o primeiro passo para se obter essa informação. A outra diz respeito ao equipamento que será utilizado, que será a sua capacidade de vazão.

Vazão

Vazão é o volume de um determinado fluido que passa num duto por um determinado intervalo de tempo, ou seja, uma certa quantidade de ar passando por um duto de ventilação por um determinado tempo.



Os fabricantes e os importadores dos equipamentos de ventilação devem informar a capacidade de vazão dos equipamentos que fornecem. Alguns fornecem a capacidade de vazão em metros cúbicos por minuto (m^3/min), mas a maioria utiliza a unidade de metros cúbicos por hora (m^3/h).

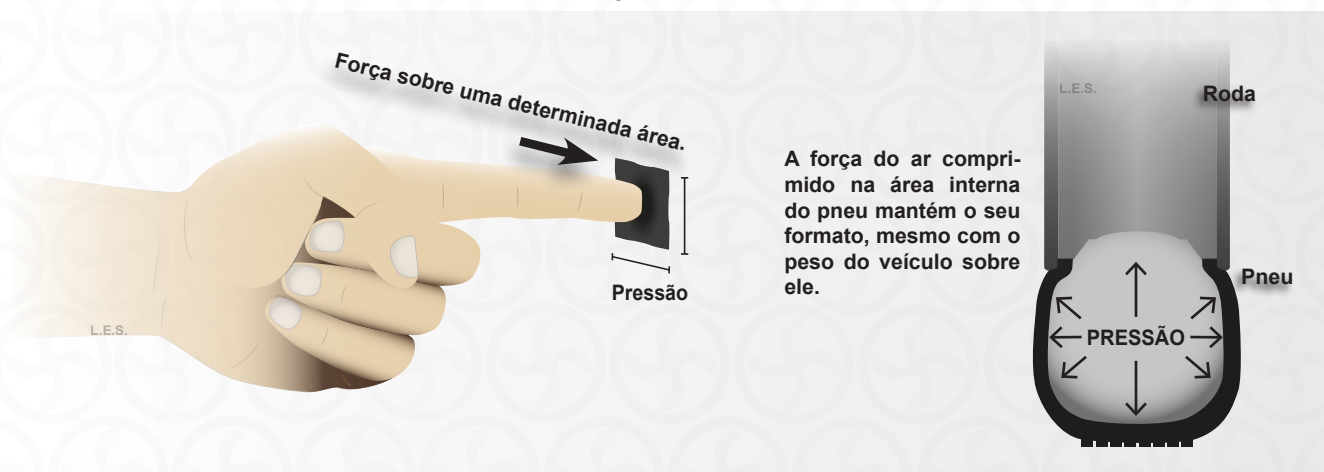
Entre os diferentes modelos disponíveis no mercado brasileiro, as capacidades podem variar entre $1.200 \text{ m}^3/\text{h}$ a $6.700 \text{ m}^3/\text{h}$.

Ao conhecer o volume interno de um espaço confinado, é possível saber a quantidade de ar dentro desse ambiente. Com a informação sobre a capacidade de vazão do equipamento é fácil calcular o tempo necessário para a renovação de toda a atmosfera do espaço.

Haverá um capítulo próprio sobre os processos de ventilação em espaços confinados.

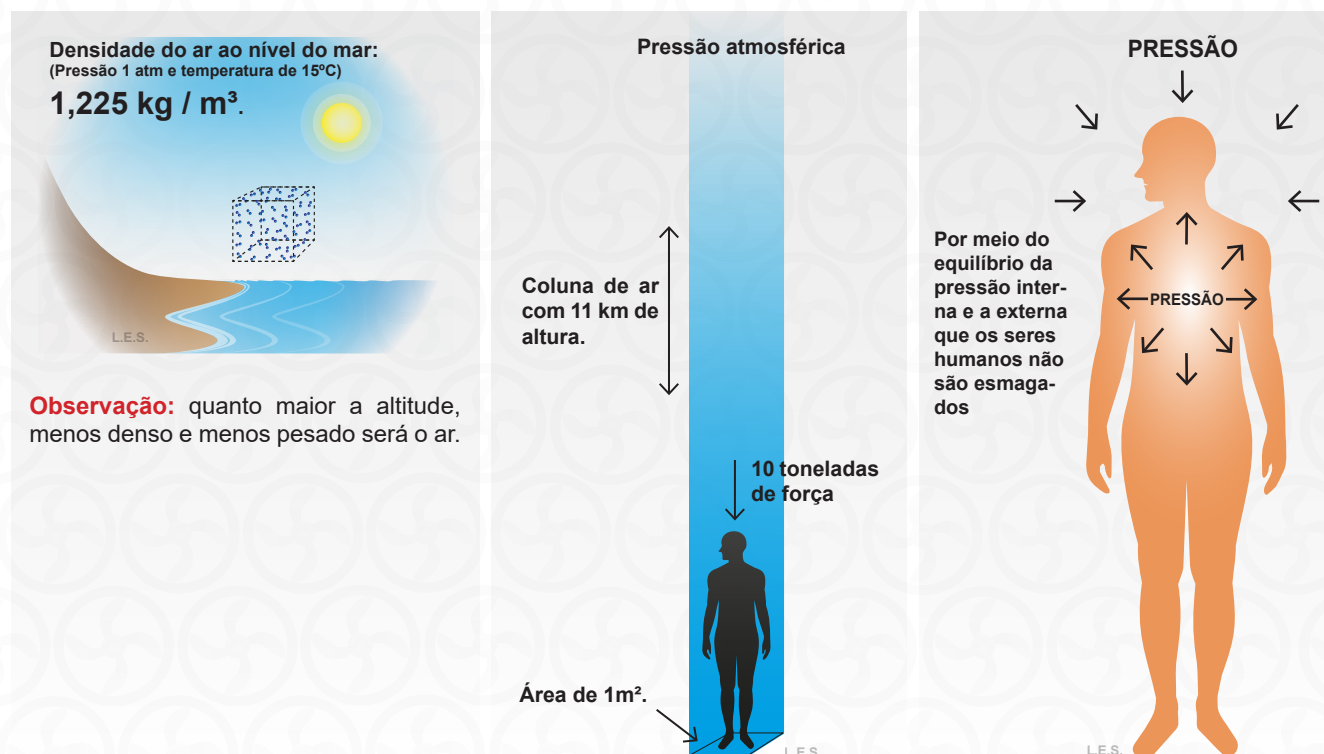
Pressão

A pressão é uma grandeza que existe para definir uma força aplicada sobre uma determinada área. Essa força pode ser exercida por líquidos, gases ou sólidos. Obviamente que, no contexto deste manual, o foco será a pressão exercida pelos gases.



Pressão atmosférica

O ar é constituído por moléculas de vários gases. Portanto, o ar possui massa e a força da gravidade sobre essa massa gera o peso. Então, o ar tem peso. Ao nível do mar, a uma temperatura de 15°C, um metro cúbico de ar (1 m^3) pesa um pouco mais de 1,2 kg. Se considerarmos uma coluna de ar, com aproximadamente 11 km de altura, sobre uma área de um metro quadrado (1 m^2), veremos que ela exerce sobre esta superfície uma força de aproximadamente 100.000 N (Newton – SI), que equivale à 10.000 kgf (valor aproximado). Sim, sobre o corpo de um ser humano adulto há o equivalente a 10 toneladas de força. Mas então por que o ser humano não é esmagado por essa força? Porque há dentro do corpo humano uma pressão igual, e esse equilíbrio de pressão oferece a devida proteção.



Equilíbrio de pressão

A natureza “gosta” de equilíbrio. No comportamento dos gases, em condições normais, o equilíbrio da pressão será sempre mantido. Por exemplo, se houver a diminuição da pressão dentro de um tanque a pressão atmosférica deslocará parte dos gases do meio externo para dentro desse tanque até que o equilíbrio de pressão seja restabelecido.



O mesmo ocorrerá se houver um aumento de pressão dentro do tanque. Uma parte dos gases de dentro do tanque será deslocada para o ambiente externo até que as pressões interna e externa sejam equiparadas.



E graças a esse fenômeno é possível provocar a renovação da atmosfera de um determinado espaço confinado. Se o processo de ventilação for o de insuflar ar para dentro dele, a natureza fará parte do ar se deslocar para fora, a fim de manter o equilíbrio da pressão interna com o ambiente externo. O mesmo acontecerá se o processo de ventilação for o de sugar o ar (exaustão) de dentro do espaço para lançá-lo para o ambiente externo. Ao sugar parte dos gases que estão dentro do espaço confinado a ventilação vai gerar uma diminuição da pressão interna e a pressão atmosférica irá deslocar parte dos gases do ambiente externo para dentro do tanque até que as pressões sejam equilibradas.

Com a ventilação, especialmente a de origem mecânica, e dependendo do volume interno do ambiente e da capacidade de vazão do ventilador, depois de um determinado tempo o ar dentro do espaço confinado terá sido totalmente renovado.

Pressão estática

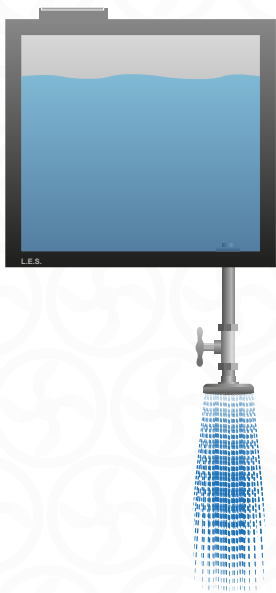
A dinâmica de fluidos (que inclui os gases) aborda diferentes tipos de pressão, como a pressão estática, a pressão dinâmica (também conhecida como pressão de movimento), a pressão de estagnação e a pressão total. Tudo isso pode parecer demasiadamente e desnecessariamente científico, mas será verificado que nas características técnicas e de performance de um ventilador, um item importante a ser considerado é a tal pressão estática.

A pressão estática é a que se relaciona à falta de movimento, e para compreendê-la de forma mais fácil pode-se usar os projetos hidráulicos, já que a água também é um fluido.

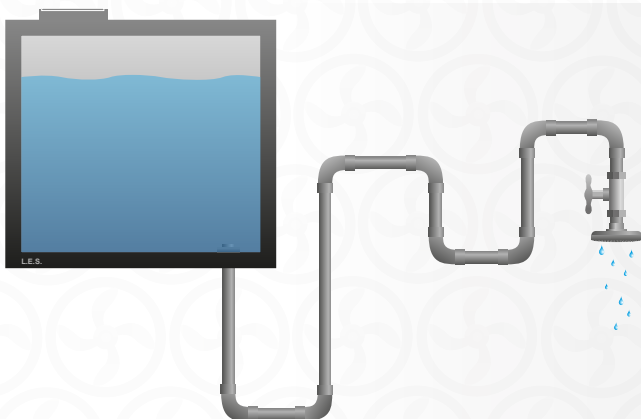


Esta ilustração representa um sistema que apresenta uma pressão estática, com base na ação da gravidade e no volume de água parada na caixa d'água e no encanamento.

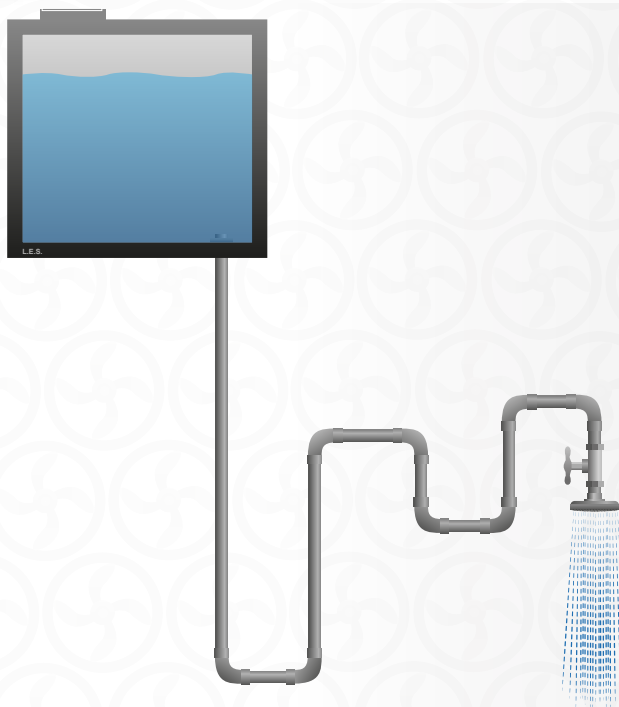
Com essa pressão estática existe potencial para que sejam gerados os outros tipos de pressão.



Ao abrir a válvula do chuveiro a pressão estática se tornará pressão dinâmica e ocorrerá o início da vazão da água da caixa d'água para o chuveiro e do chuveiro para o meio externo. Com o sistema oferecendo pouca resistência e sem grandes obstáculos, essa vazão será boa, ou seja, fluirá por ele um bom volume de água a cada segundo em que o sistema estiver aberto.



Neste segundo exemplo o sistema oferece uma grande resistência a vazão da água, com a sua extensa rede de canos e com a suas muitas curvas que vão desacelerando a velocidade de vazão da água até não haver energia suficiente para que a água alcance a outra extremidade.



Uma forma de resolver o problema da baixa vazão da água é aumentar a pressão estática. Com esse aumento haverá consequentemente mais pressão dinâmica e energia suficiente para superar as resistências do sistema e garantir uma boa vazão de água na parte final do sistema.

Aplicando esses conceitos à ventilação em espaços confinados, pode-se afirmar que um critério técnico na seleção de um ventilador para espaços confinados é a pressão estática indicada pelo fabricante.

Muitos dos fornecedores de equipamentos costumam informar a capacidade de vazão do ventilador considerando uma condição ideal, ou seja, sem qualquer fator de resistência para o fluxo de ar. Porém, ao se usar um duto de ar e dependendo da trajetória desse duto, a resistência à passagem do ar poderá ser tão grande que a vazão poderá ficar comprometida. Portanto, na seleção de um modelo de ventilador para espaços confinados é muito importante considerar a pressão estática indicada pelo fabricante.



Normalmente, a vazão informada pelos fabricantes considera uma condição ideal, sem resistências ao fluxo de ar.



No entanto, ao usar o ventilador com um duto acoplado, a vazão dependerá da superfície interna do tubo, do seu diâmetro, do seu comprimento e das dobras necessárias para a instalação no local de trabalho. E nesses casos o equipamento deverá oferecer uma pressão estática adequada para compensar esses fatores.

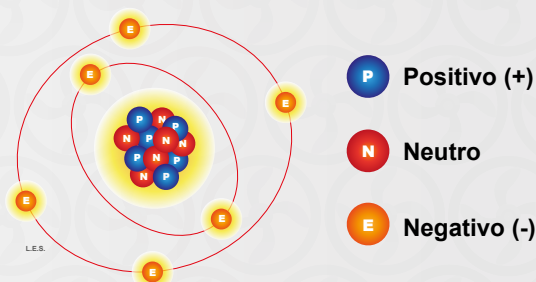
Energia estática e eletrização por atrito



A maioria das pessoas, em algum momento da vida, já experimentou sentir um pequeno choque elétrico ao tocar a maçaneta de uma porta. Em um ambiente escuro é possível até mesmo ver uma pequena faísca elétrica entre a pele e o metal. E a causa desse choque é a tal energia estática.

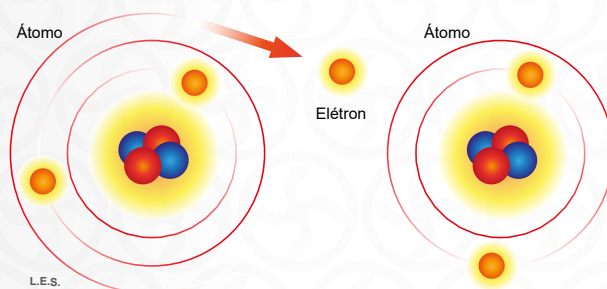
Para melhor compreendermos o que é essa energia estática precisamos relembrar a carga elétrica dos átomos.

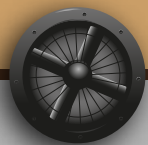
Os átomos são constituídos por elementos com cargas elétricas diferentes. No núcleo do átomo existem os prótons com carga elétrica positiva (+) e os nêutrons com carga elétrica neutra. Circundando o núcleo existem os elétrons que apresentam carga elétrica negativa (-).



Existe um equilíbrio entre essas cargas que pode ser alterado com o ganho ou a perda de elétrons de um material para o outro. E é o que acontece quando, num dia com baixa umidade no ar, com os pés descalços, ao arrastá-los sobre um tapete ou carpete o corpo humano ganha elétrons carregando-se eletricamente. Ao nos aproximarmos de um material condutor, como é o caso do metal da maçaneta, a natureza procurará o equilíbrio, descarregando a energia estática de um meio para o outro. O resultado dessa descarga é a sensação do choque elétrico e a geração da faísca elétrica.

Transferência de elétrons de um material para outro

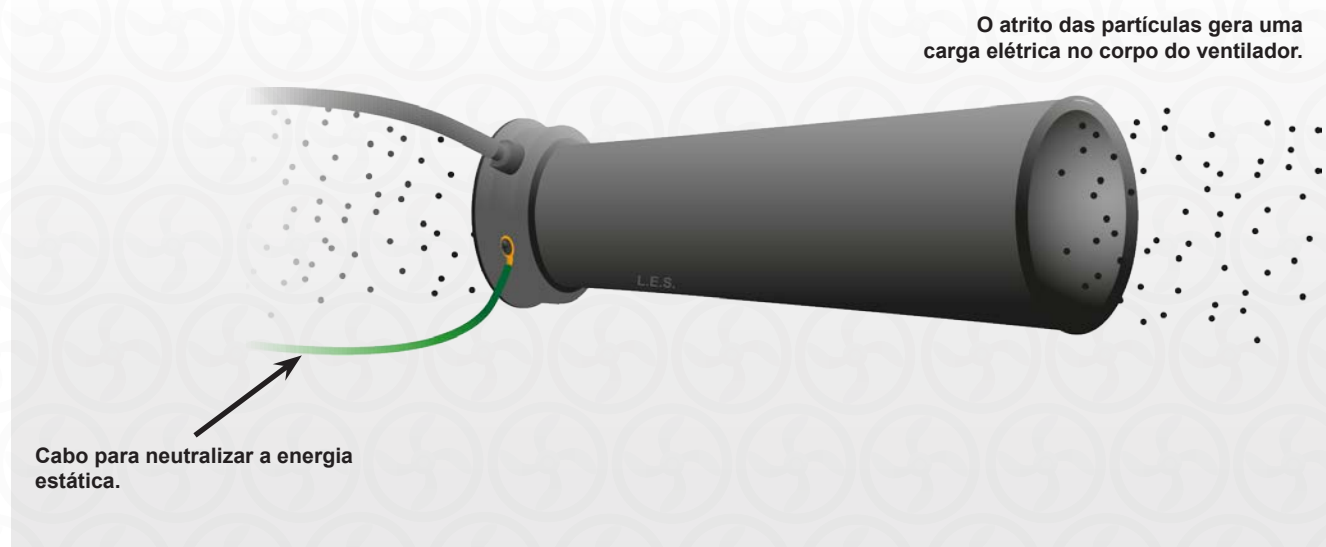




Nos processos de ventilação existe a possibilidade da carenagem (corpo) de um ventilador tornar-se eletricamente carregada por causa do atrito de partículas sólidas (poeiras, fibras e fumos) que passam pelo equipamento junto com o deslocamento de ar.

Com o corpo do ventilador eletricamente carregado, bastará o contato do equipamento com um material condutor, que poderá ser o corpo humano, para que haja a descarga da eletricidade estática, produzindo uma faísca. Se esse fenômeno acontecer em um ambiente contaminado por substâncias inflamáveis, isto poderá funcionar como uma fonte de ignição, provocando um incêndio ou uma explosão.

É por isso que certos equipamentos e/ou em certas condições de trabalho há a necessidade da instalação de um cabo de aterramento para que não haja um acúmulo de energia estática no corpo do ventilador.





ACROTEC

TECNOLOGIA A SERVIÇO DA SEGURANÇA E RESGATE

Locação de Equipamentos e Serviços

Espaço Confinado - Acesso por Cordas - Resgates / Alturas



Ventiladores/Exaustores 20cm, 30cm e 40cm



LINHA
COMPLETA DE
EQUIPAMENTOS
PARA ESPAÇO
CONFINADO.



DETECTOR
MULTIGASES
CO - O₂ - H₂S -
LEL - VOC



MANUTENÇÃO
EM
EQUIPAMENTOS
DE PROTEÇÃO
RESPIRATÓRIA.

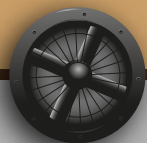
RECARGA DE
CILINDROS DE
AR RESPIRAVEL.

 (11) 2453-2918  (11) 99853-3956

 facebook.com/Acrotec-Equipamentos-Ltda

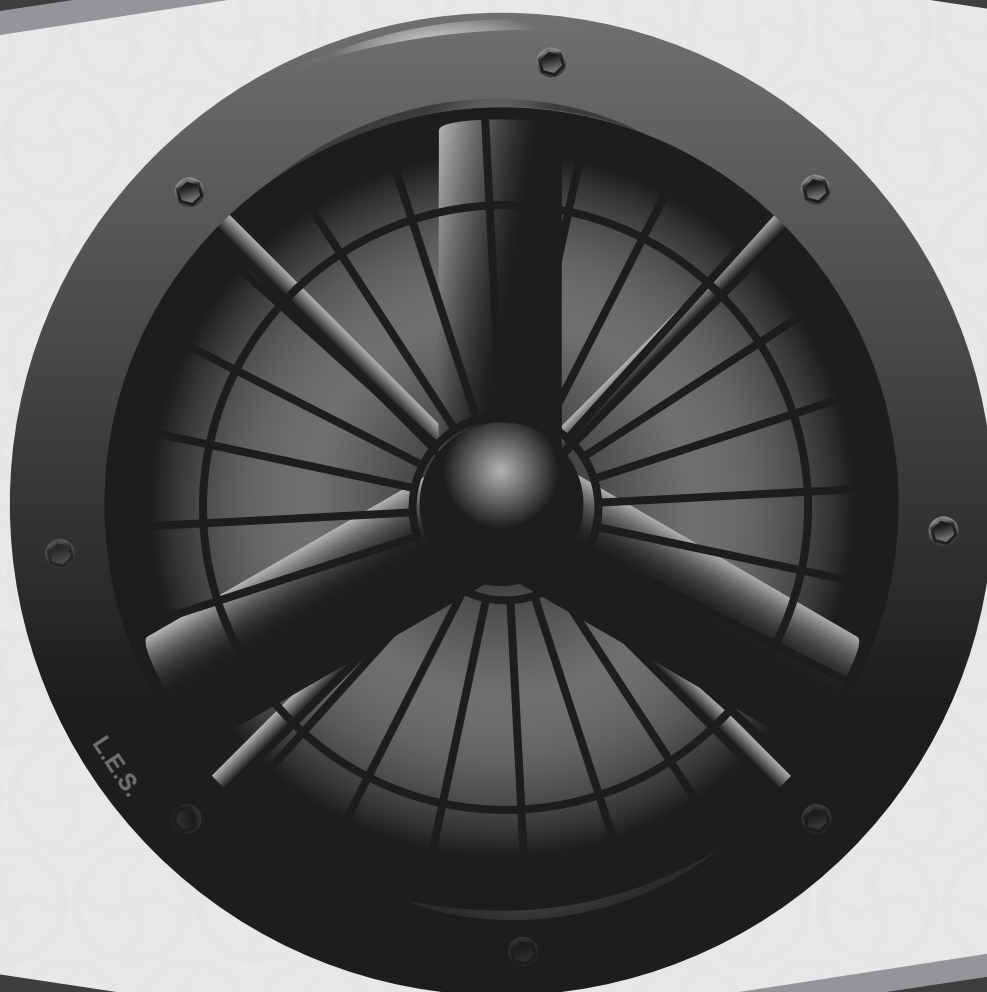
Acesse nosso Site e saiba mais

www.acrotec.com.br
acrotec@acrotec.com.br

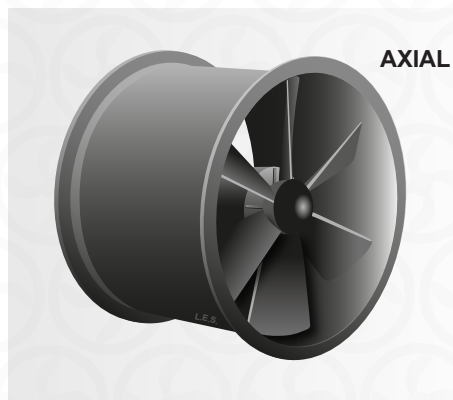


CAPITULO 2

EQUIPAMENTOS DE VENTILAÇÃO



Tipos de ventiladores



Os processos de ventilação não se limitam a soprar ou sugar ar em um ambiente. Eles podem e devem variar muito em decorrência do tipo de ambiente, do tipo de problema a ser resolvido (contaminantes, temperatura, cheiro, etc.) e do tipo de trabalho que será realizado. Portanto, o método de ventilação a ser aplicado dependerá de uma boa avaliação e com base nela, de um bom planejamento.



No primeiro capítulo, vimos que existe a ventilação natural, que ocorre quando os fenômenos naturais promovem a movimentação de ar. Essa opção oferece algumas vantagens, porém, não permite que os trabalhadores tenham controle sobre o processo. A outra opção é a ventilação produzida por meios mecânicos, com a qual é possível garantir um fluxo contínuo de ar, de forma planejada e controlada.



Então, se a opção mais segura é o uso dos equipamentos de ventilação, surge a necessidade de saber selecionar e usar o tipo certo de ventilador.

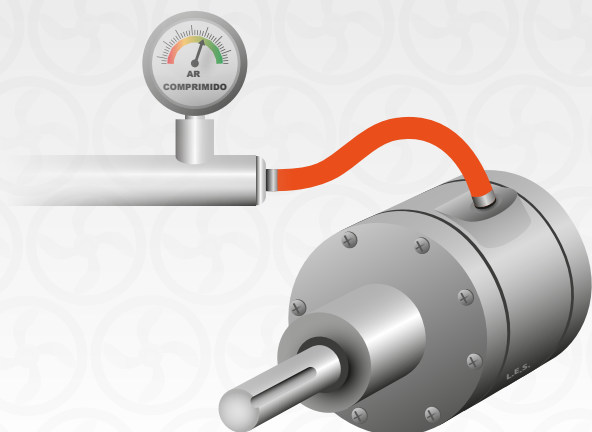
Existe uma variedade de modelos disponíveis no mercado brasileiro. Existem, por exemplo, os modelos axiais, que oferecem uma hélice girando sobre um eixo, e com o fluxo de ar paralelo a esse eixo. Existem também os modelos centrífugos, cuja entrada de ar é perpendicular ao equipamento e que, por causa do seu mecanismo interno, geram um aumento da velocidade do fluxo de ar que sai do seu bocal. Também existe uma tecnologia que não apresenta partes móveis, pois usa um princípio da física conhecido como “Efeito de Venturi”, constituído de um corpo no formato de cone e uma linha de ar comprimido em uma das extremidades.

Motorização

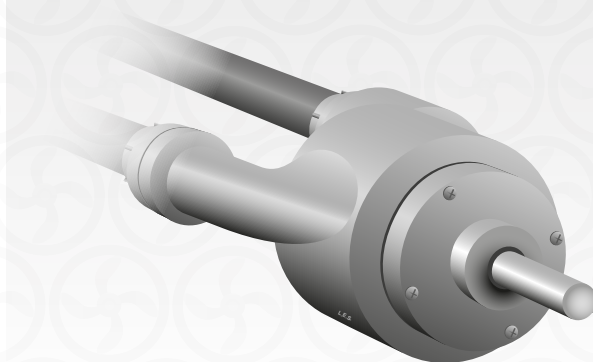
E entre esses tipos existem as opções de motorização e de fontes de energia. Por exemplo, um ventilador axial (eixo e hélice) pode usar um motor elétrico para funcionar, ou pode ser movido por um sistema pneumático (ar pressurizado), por um sistema hidráulico (água pressurizada) ou por um motor a combustão. O mesmo vale para os ventiladores centrífugos.

Opções de motorização e fontes de energia

MOTOR PNEUMÁTICO



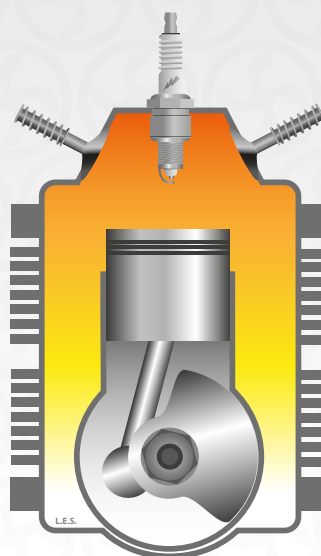
MOTOR HIDRÁULICO



MOTOR ELÉTRICO



MOTOR A COMBUSTÃO



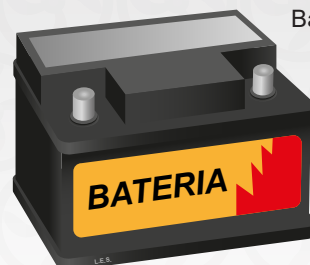
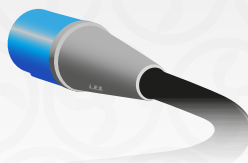
ALTERNATIVAS DE FONTES ELÉTRICAS



Sistema monofásico
de 110 a 220V.

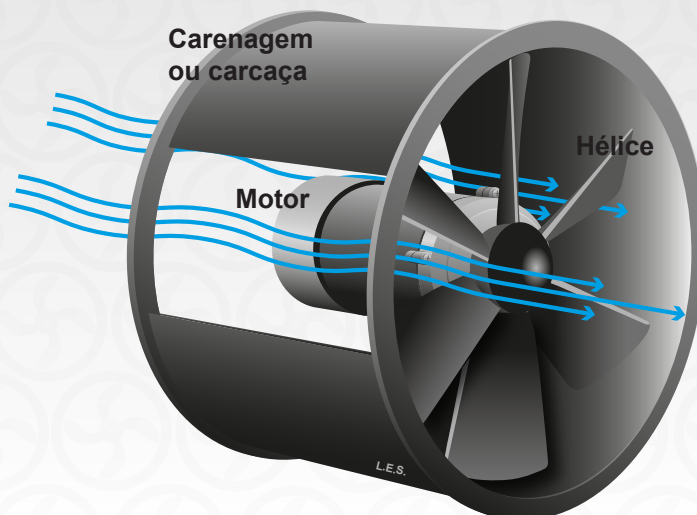


Sistema trifásico
de 220 a 380V.



Bateria

Ventilador tipo Axial



Uma hélice girando sobre um eixo gera a movimentação do ar.

A palavra axial significa algo relativo a um eixo ou que tem forma de eixo. E é por isso que os ventiladores que apresentam um eixo em que uma extremidade está ligada a um motor e a outra extremidade apresenta uma hélice são chamados de axiais.

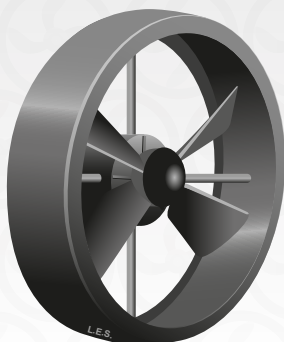
A movimentação de ar gerada pelo conjunto motor, eixo e hélice acontece paralelamente ao eixo, como ilustrado na figura acima.

Existem diferentes tipos de ventiladores axiais como, por exemplo, os chamados propulsores, que são aqueles adotados no uso doméstico, ou as versões industriais, maiores em tamanho e com maior capacidade de deslocamento de ar. Porém, o modelo a ser destacado neste texto é o do tipo “tubo axial”, que recebe este nome por apresentar o seu corpo (carenagem externa) com um comprimento maior do que o seu diâmetro.

Este tubo mais longo proporciona maior pressão e consequentemente maior capacidade de vazão de ar.

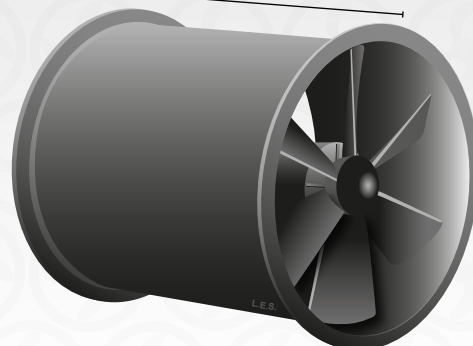
Os ventiladores axiais oferecem como vantagens um preço comparativamente mais barato e uma maior oferta de modelos, o que inclui uma variedade grande de matérias primas na sua construção. Também são encontrados no mercado com maior variedade de tamanho, pressão estática e capacidade de vazão.

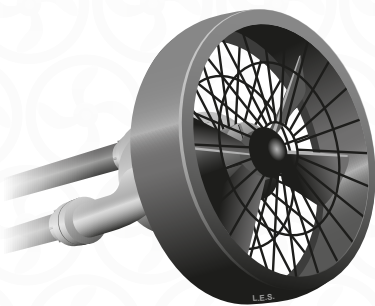
Ventilador axial propulsor.
Aplicado em uso doméstico e industrial.



Ventilador Tubo axial.
Mais eficiente para insuflação e exaustão.

O comprimento é maior que o diâmetro



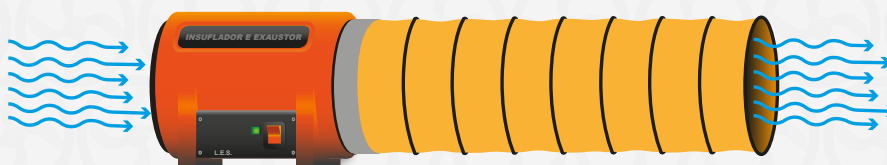
Exemplo de exceção

Axial com motor hidráulico

Uma característica comum entre os ventiladores para espaços confinados é poderem atuar como insufladores (soprando o ar) ou como exaustores (sugando o ar). Mas existem exceções, como alguns modelos axiais propulsores, que até permitem o uso de dutos, porém, por causa da posição do motor, só podem ser conectados pela parte frontal, limitando o uso do equipamento apenas como insuflador.

Nos modelos tubo axiais, para fazê-los funcionar como insufladores ou exaustores basta escolher a posição de uso.

Os ventiladores axiais oferecem uma vantagem quando comparados com os centrífugos, que é oferecer a mesma capacidade de vazão em qualquer uma das funções.

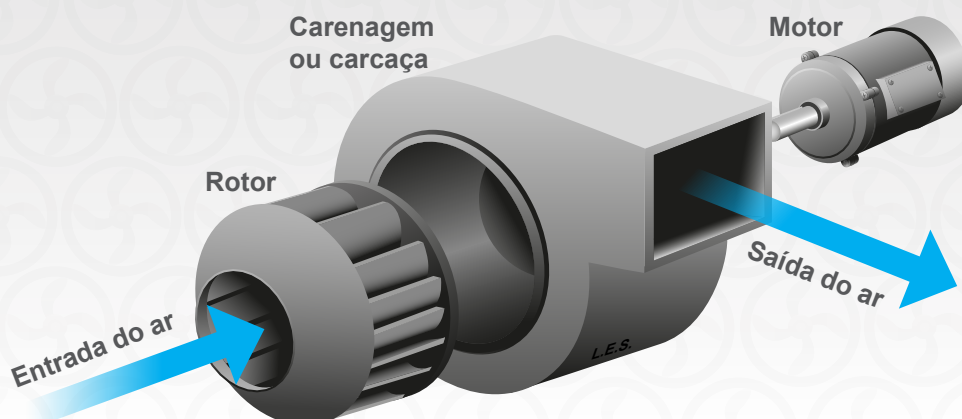
Funcionando como insuflador

Numa determinada posição o ventilador axial funciona como insuflador, ou seja, sopra o ar para dentro do espaço confinado.

Funcionando como exaustor

Invertendo-se a posição do ventilador axial ele passa a funcionar como exaustor, ou seja, suga o ar de dentro do espaço confinado.

Ventilador Centrífugo



Esse tipo de ventilador recebe esse nome por usar a força centrífuga para descolar o ar. Assim como acontece numa máquina de lavar roupa, cujo tambor interno gira em alta velocidade para forçar a água a sair da roupa, a peça do ventilador denominada de rotor age de uma forma semelhante para mover o ar.

A ação da inércia (um dos princípios da física) faz com que o ar que está sendo movido pelo rotor seja lançado pela abertura que está ao lado. E esse mecanismo é tão eficiente que consegue gerar mais pressão e velocidade se comparado com os modelos axiais.

Nesse tipo de ventilador o motor não tem contato com o fluxo de ar, ficando isolado de contaminantes e partículas sólidas.

Uma outra vantagem que é acreditada ao ventilador centrífugo é produzir menos ruído quando comparado a outros tipos de equipamentos.

Como desvantagens os ventiladores centrífugos são menos variados no mercado nacional e mais caros quando comparados a outros tipos.

Os ventiladores centrífugos podem ser usados como insufladores ou como exaustores, porém, apresentam uma diferença de pressão e vazão entre a entrada de ar e a saída de ar. A saída de ar apresenta uma pressão e uma velocidade de deslocamento maior.

Utilizando o bocal frontal o ventilador centrífugo funciona como insuflador, ou seja, sopra o ar para dentro do espaço confinado.

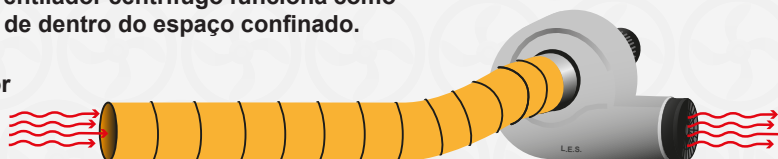


Funcionando como insuflador



Utilizando o bocal lateral o ventilador centrífugo funciona como exaustor, ou seja, suga o ar de dentro do espaço confinado.

Funcionando como exaustor



Ventilador tipo Venturi

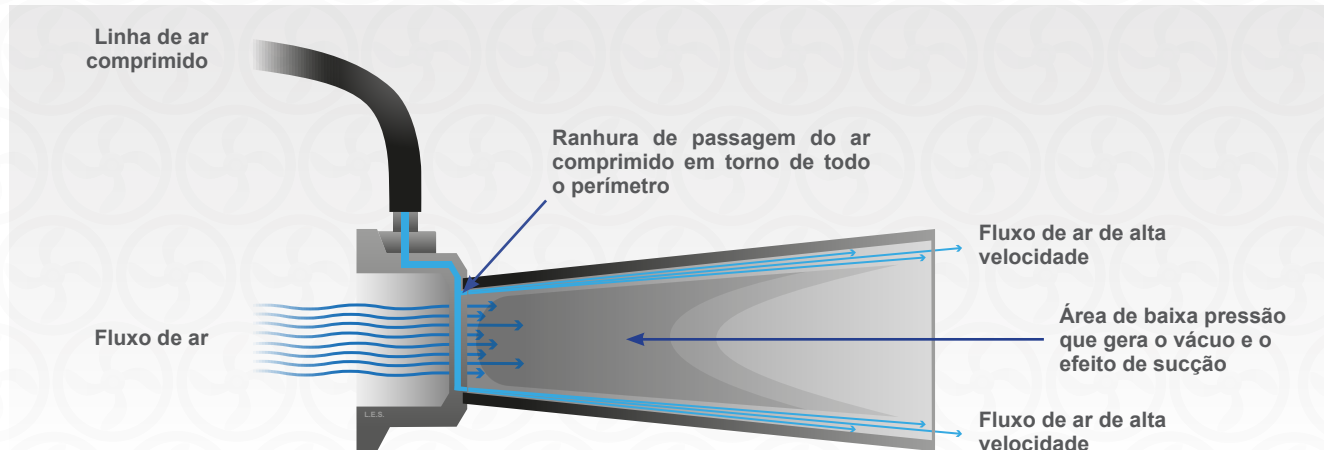


Esse tipo de ventilador é um equipamento pneumático, ou seja, utiliza ar comprimido para funcionar, mas pode, com um pouco menos de eficiência, utilizar também o vapor saturado (seco).

Ele funciona graças a um efeito de física chamado de Venturi, cujo nome homenageia o cientista italiano Giovanni B. Venturi que viveu na virada dos séculos dezoito e dezenove.

Trata-se de um equipamento exótico se comparado com outras tecnologias de ventilação, já que não usa motores ou outras peças moveis para movimentar e manter o fluxo de ar.

O seu funcionamento se baseia no princípio de Bernoulli e no efeito Venturi, que estabelecem que com o aumento da velocidade existe a diminuição da pressão e vice versa. Uma mangueira de ar comprimido é conectada na base do ventilador e por frestas muito pequenas um jato de ar é lançado sobre as paredes internas do cone. Esse fluxo de ar em alta velocidade reduz a pressão interna do cone, provocando um vácuo que suga o ar da base para a saída do cone.



Trata-se de um sistema muito eficiente de exaustão, indicado para situações que envolvam a sucção de partículas abrasivas, já que o equipamento não dispõe de peças que possam ser danificadas por estas partículas.

Ele é mais indicado para a exaustão (sucção), porém, também pode ser usado como insuflador.

O fato dele não usar de motores e fontes elétricas o torna seguro para uso em atmosferas potencialmente inflamáveis e explosivas.

A limitação para o seu uso está no fato de que ele exige uma boa fonte de ar comprimido para funcionar eficientemente. Mas isto pode ser normalmente encontrado dentro de plantas industriais que possuem potentes compressores e linhas de ar com alta pressão.

A sua instalação não é tão simples como a de outros ventiladores portáteis, que possuem os seus sistemas próprios de apoio e transporte.

www.dtsservice.com.br

Pacote de soluções para espaços confinados

VENTILAÇÃO



VENTILAÇÃO PARA ÁREAS CLASSIFICADAS



DETECÇÃO DE GASES



PROTEÇÃO RESPIRATÓRIA



MANUTENÇÃO





CAPITULO 3

EQUIPAMENTOS PARA ÁREAS CLASSIFICADAS



L.E.S.

Ventiladores para áreas classificadas

Uma área classificada é uma área na qual uma atmosfera explosiva de gás ou pó está presente e exige precauções especiais para a construção, instalação e utilização de equipamentos elétricos.

Lembre-se que para um incêndio ou uma explosão acontecerem são necessários o material combustível, oxigênio e uma fonte de ignição. E em alguns lugares é impossível eliminar os dois primeiros itens, restando como a única opção viável o controle das fontes de ignição. E é por isso que essas áreas exigem projetos especiais para as suas instalações, incluindo os equipamentos elétricos.

Elementos básicos para o fogo

Atualmente consideram-se quatro elementos, mas para fins de simplificação utilizaremos o antigo triângulo do fogo.



Classificação

Como o próprio termo Área Classificada indica, os ambientes industriais potencialmente perigosos, por produzirem, operarem ou armazenarem substâncias inflamáveis, recebem uma classificação.

Existem padrões internacionais para essa classificação, com destaque para o Americano (UL) e para o europeu (Ex).

O Brasil segue o padrão internacional de influência europeia, que define os critérios de classificação e os métodos de ensaio dos equipamentos.

Os critérios de classificação começam pelo tipo de indústria, organizadas em dois grupos. Na sequência um desses grupos é subdividido pela família de produtos com as quais trabalham. Veja o gráfico abaixo:

GRUPO I

Atividade de mineração.

Em minas, onde prevalecem os gases da família do metano e pó de carvão.



Essa classificação é importante para adequar a tecnologia e a eficiência das proteções elétricas ao tipo de contaminante. Por exemplo, cada família de contaminantes impõe uma temperatura máxima de operação a um equipamento.

GRUPO II

Indústrias de superfície

(Químicas, petroquímicas, farmacêuticas, etc).

GRUPO II A

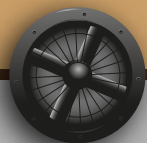
Gases da família do propeno.

GRUPO II B

Gases da família do etileno.

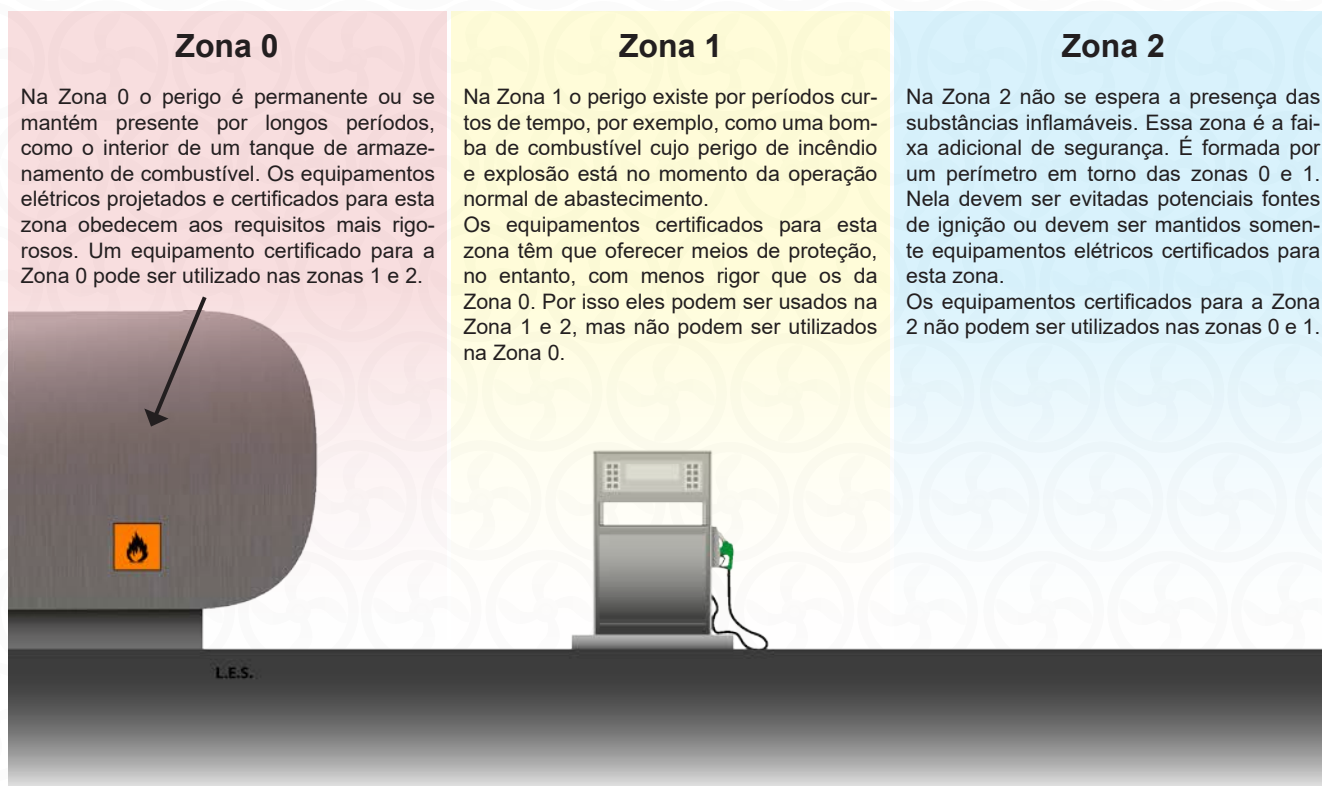
GRUPO II C

Gases da família do hidrogênio (incluindo o acetileno).



Para as indústrias que mantêm instalações potencialmente inflamáveis e explosivas, aplica-se um zoneamento dessas áreas que considera seu grau de risco.

Para gases e vapores, usa-se uma divisão de três faixas para estabelecer um zoneamento das áreas classificadas. A Zona 0 é a faixa onde a fonte de perigo é permanente, ou seja, a substância inflamável está sempre presente. A Zona 1 é a faixa onde o perigo se apresenta de forma intermitente, surgindo somente durante certas operações. A Zona 2 é uma faixa que estende a área de segurança. É uma zona onde a presença do contaminante não é esperada, mas existe como prevenção para uma situação inesperada, como por exemplo um vazamento acidental. Para compreender melhor, veja a ilustração abaixo:



Para os pós combustíveis (particulados) usa-se um zoneamento semelhante ao de gases e vapores, porém com uma codificação diferente, sendo designados como Zona 20, Zona 21 e Zona 22.

Proteções

Vimos como a classificação é importante para se determinar o rigor das proteções para os equipamentos elétricos a serem usados em áreas classificadas.

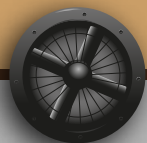
Existem diferentes tecnologias para tornar um equipamento elétrico seguro para as áreas classificadas, e para cada solução existe um código para a devida certificação. Veja a tabela abaixo:

Tipo de proteção	Simbologia
Equipamento à prova de explosão	Ex d
Equipamento pressurizado	Ex p
Equipamento imerso em óleo	Ex o
Equipamento imerso em areia	Ex q
Equipamento imerso em resina	Ex m
Equipamento de segurança aumentada	Ex e
Equipamento não acendível	Ex n
Equipamento de segurança intrínseca	Ex i
Equipamento especial	Ex s



Símbolo para equipamentos certificados Ex.

Fonte: Monografia de Lucio Rodrigues Neto e Luiz Felipe de Oliveira Soares. Instalações Elétricas em Áreas Classificadas - 2010. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Fonte referenciada: ABNT



E quando há o perigo, mas a área não é classificada?

Vimos também que uma planta industrial ou uma área dentro de uma planta industrial que produza, opere ou armazene produtos inflamáveis será classificada, e em decorrência disso uma série de medidas serão adotadas para controlar os riscos de incêndio e explosão. Isso envolve instalar sensores, instrumentos, iluminação, ventilação ou quaisquer outros recursos elétricos que sejam projetados, fabricados, testados e certificados para áreas classificadas, ou seja, que não atuem como potenciais fontes de ignição. No entanto, nas rotinas em espaços confinados muitas vezes o ambiente de trabalho não é classificado, já que originalmente não oferece o risco de incêndio e explosão. Contudo, o perigo que não existia dentro destes espaços pode ser levado até lá pela equipe de trabalho.

Um exemplo real que pode ser usado é o de galerias de cabos. Elas são espaços criados para o percurso de cabos elétricos, portanto, não há armazenagem ou operações com produtos inflamáveis até que... uma equipe de trabalhadores entre nessas galerias para trabalhos de manutenção, e muitas vezes tendo que usar álcool isopropílico (que não tem água na composição química) para a limpeza dos cabos. O álcool, ao evaporar, pode contaminar a atmosfera da galeria e torná-la potencialmente inflamável e explosiva.

Outra possibilidade é a de espaços confinados originalmente seguros receberem acidentalmente infiltrações de líquidos ou gases inflamáveis, podendo surpreender as equipes de trabalho que precisam acessar esses ambientes.

Então, há ambientes originalmente não classificados que podem se tornar perigosos. E o que fazer?

A resposta está em tratá-los como áreas classificadas, tomando todas as precauções necessárias para controlar potenciais fontes de ignição. Aparelhos elétricos, instrumentos elétricos, detectores de gases e ventiladores, entre outros, deverão ser certificados para áreas classificadas.

É claro que nenhum trabalhador deverá entrar num ambiente contaminado com gases, vapores ou pós combustíveis. O acesso somente poderá acontecer quando os riscos forem controlados, e uma das maneiras de realizar esse controle é através da ventilação (exaustão). E a exaustão de gases inflamáveis deverá ser feita por um tipo de ventilador que tenha proteções elétricas (Ex) ou que não seja elétrico, como os de motorização pneumática, hidráulica ou de tipo Venturi.

Certificação de equipamentos para áreas classificadas

A Portaria nº179 de 18 de maio de 2010, em seu art. 3º, exige de forma compulsória (obrigatória) a certificação de equipamentos elétricos para áreas classificadas que deve ser conduzida por organismos de certificação acreditados pelo sistema INMETRO. A avaliação de conformidade dos equipamentos tem como base a ABNT NBR IEC 60079, que especifica os requisitos gerais para a construção, os ensaios e as marcações de equipamentos elétricos para uso em atmosferas explosivas.

A ABNT NBR IEC 60079 foi criada com base na norma internacional de influência europeia, publicada pela IEC (*International Electrotechnical Commission*), uma organização mundial que elabora normas para as áreas de elétrica, de eletrônica e de tecnologias relacionadas. Trata-se de uma norma técnica extensa formada por aproximadamente uma dúzia de textos.

Vimos na página anterior que os equipamentos certificados são denominados **Ex**.

Não há uma norma específica para ventiladores para uso em áreas classificadas, até porque a ABNT NBR IEC 60079 determina as características técnicas e as metodologias de ensaios com base na classificação de Grupo, de Zona e de tipo de proteção, independentemente do tipo de equipamento.

Conheça nossa linha de Insufladores e Exaustores



Equipamentos desenvolvidos para insuflar ou realizar exaustão de espaços confinados, locais que necessitem de ventilação forçada e áreas sem risco de explosão.

(áreas não classificadas)



IBR V202P BlueLine Leve, silencioso e versátil.

Ideal para pequenas operações de ventilação que exigem portabilidade e praticidade.

- Carcaça em material plástico (Polietileno), baixo peso e alta durabilidade.
- Motor Elétrico 220V.
- Acompanha case em material plástico (Polietileno) e duto de 7.5 mts.
- Comandos elétricos com proteção aumentada contra água.



IBR V302 Resistente, potente e versátil.

Desenvolvido para operar em condições severas de trabalho, como obras e ambientes abrasivos.

- Carcaça metálica reforçada de alta resistência.
- Motor Elétrico 220V.
- Operação com dutos de 30cm de diâmetro e 15 metros de comprimento.



IBR V402 BlueLine Resistente, potente e leve.

- Carcaça em material plástico (Polietileno), baixo peso e alta durabilidade.
- Motor Elétrico 220V.
- Operação com dutos de 40cm de diâmetro e 15 metros de comprimento.
- Comandos elétricos com proteção aumentada contra água.
- Alta potência para necessidade de deslocamento de grandes volumes de ar.

Código	Modelo	Diâmetro	Rotações/min	Frequência	Peso	Potência		Capacidade m³ / hora
601002	IBR V202P BL	20 cm	2.500 / 3.100	60 Hz	8 kg	1/3 HP	250 wats	1500 - 1800
601004	IBR V302	30 cm	2.800 / 3.300	60 Hz	8,5 kg	1/2 HP	400 wats	3800 - 4370
601009	IBR V402 BL	40 cm	3.400 / 3.900	60 Hz	16 Kg	1 HP	750 wats	5720 - 6780



DUTOS PVC

Alta flexibilidade e resistência.

- Diversos tamanhos de acordo com o diâmetro do insuflador/exaustor.
- Possui zíper para conexão rápida e ampliação da metragem de acordo com necessidade.
- Estrutura interna helicoidal confeccionada em metal.
- Arnês para posicionamento suspenso.

Código	Modelo	Diâmetro	Metragem	Material
601013	IBR VND760 30	30 cm	7,5 mts	PVC
601015	IBR VND760 40	40 cm	7,5 mts	PVC

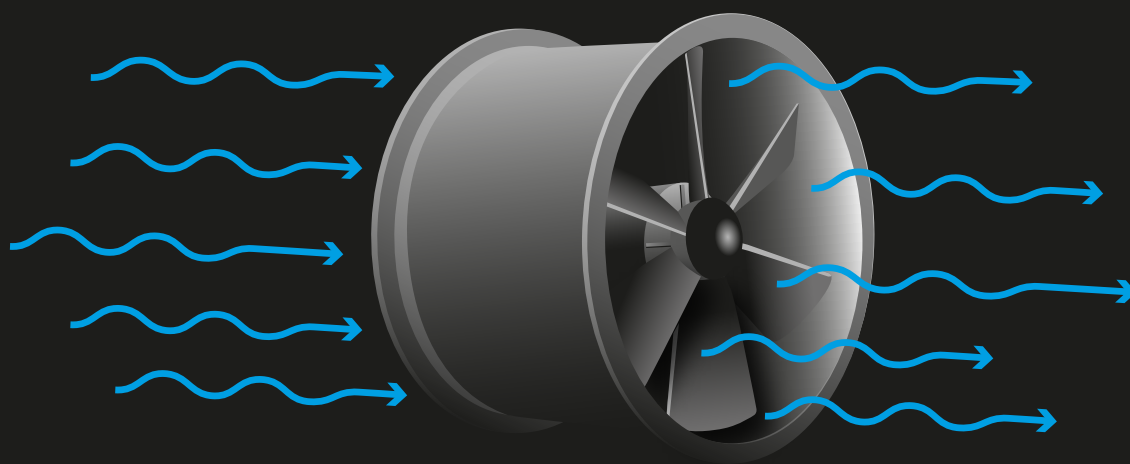
Entre em contato pelos telefones: (11) 3834-4737 | (11) 3834-5960





CAPITULO 4

MÉTODOS DE VENTILAÇÃO

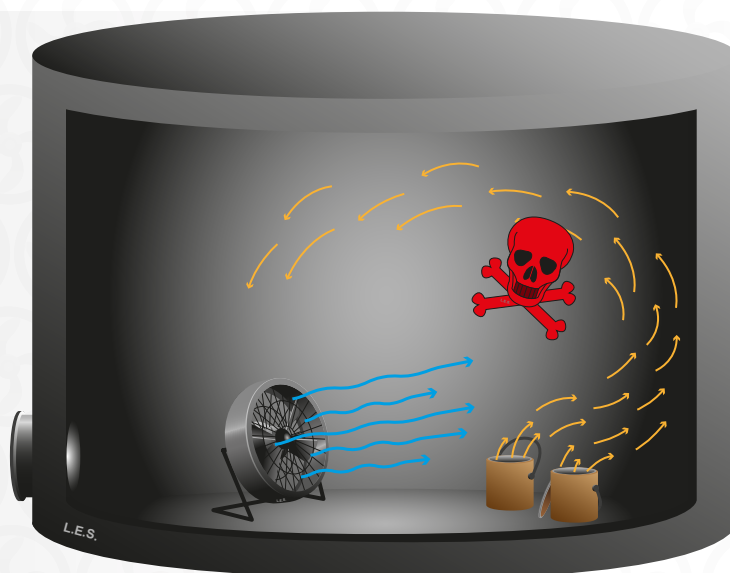


L.E.S.

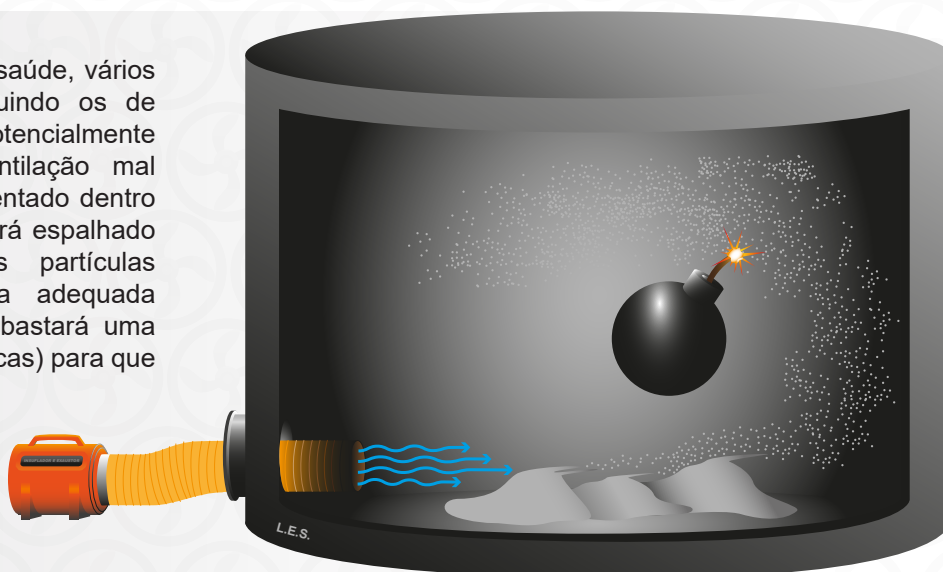
Não basta mover o ar

Como acontece em muitas realidades relacionadas com a segurança do trabalho, um mau planejamento ou uma má execução do processo pode gerar um perigo ao invés de anulá-lo, ou agravar ainda mais o risco já existente. Abaixo apresentamos dois exemplos de ventilações que criam problemas ao invés de solucioná-los.

Lançar uma corrente de ar sobre produtos voláteis, que evaporam à temperatura ambiente, apenas acelera o processo e faz com que os vapores se misturem ao ar do ambiente mais rapidamente.



Além de oferecerem riscos à saúde, vários tipos de particulados, incluindo os de origem orgânica, são potencialmente explosivos. Com uma ventilação mal planejada o material sedimentado dentro de um espaço confinado será espalhado pelo ambiente. Com as partículas em suspensão e com a adequada concentração de oxigênio, bastará uma fonte de ignição (calor e faíscas) para que a explosão aconteça.



Portanto, é essencial saber avaliar uma condição de trabalho, saber planejar a solução mais eficiente e saber implementá-la para que a segurança dos trabalhadores seja garantida.

Diferentes métodos de ventilação

A ventilação em espaços confinados tem diferentes aplicações, começando por ser um meio de resolver problemas. E o que foi tratado como “problemas” são as condições ambientais que afetam a segurança, a saúde e o conforto dos trabalhadores. E eles podem se apresentar como contaminantes no ar, sejam gases ou particulados, calor intenso e odores fortes e desagradáveis.

Acontece que os problemas listados geram uma variedade grande de situações. E se as condições variam muito é porque os contaminantes apresentam características muito diferentes. Por exemplo, um gás muito denso vai se depositar no fundo de um espaço confinado, já um gás muito leve vai se acumular no alto do ambiente. A fonte e a presença dos contaminantes também podem variar, seja como algo misturado em todo ar do ambiente ou como algo que se apresenta como uma fonte específica e localizada. Diante de todas essas possibilidades, é possível afirmar que para um processo de ventilação ser eficiente deve-se sempre começar com uma boa análise dessas condições, ou seja, deve-se conhecer bem o “problema” para então poder planejar uma boa solução.

Lembre-se também que a ventilação pode ser usada em situações de emergência, como por exemplo, levar ar fresco para uma vítima impossibilitada de sair por meios próprios do espaço confinado enquanto aguarda o início do resgate.

E isso tudo justifica os vários métodos de ventilação que podem ser adotados nas rotinas de trabalho em espaços confinados.

A seguir, apresentamos alguns deles.

Para relembrar

Existem duas formas de movimentar o ar em um espaço confinado: soprando ar para dentro do ambiente (insuflação) ou sugando o ar de dentro do ambiente (exaustão).



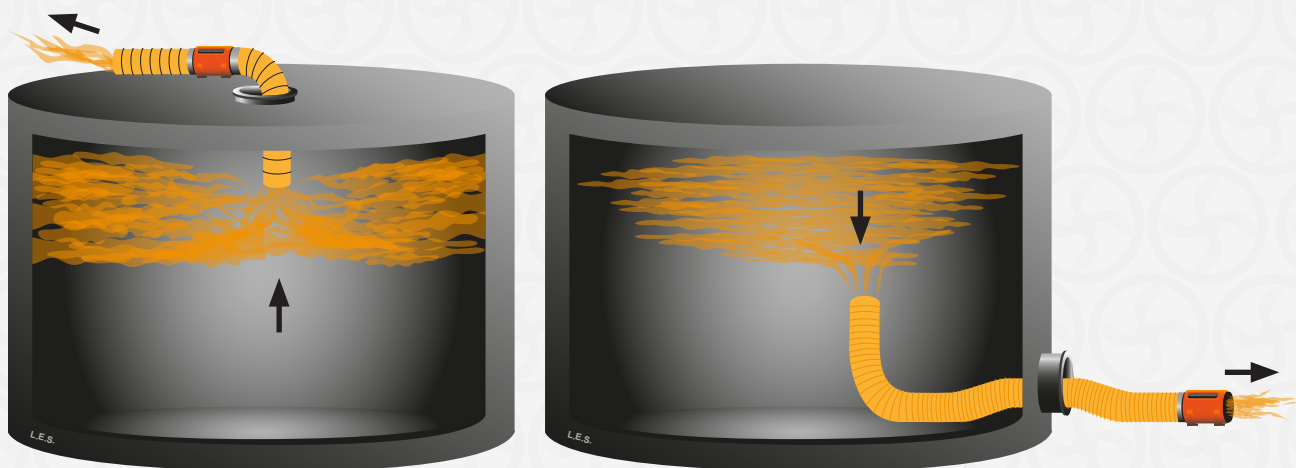
Deve ser considerada a densidade dos gases

A premissa que deve ser respeitada na avaliação e no controle de atmosferas em ambientes de trabalho é a necessidade de conhecer os contaminantes ou os potenciais contaminantes.

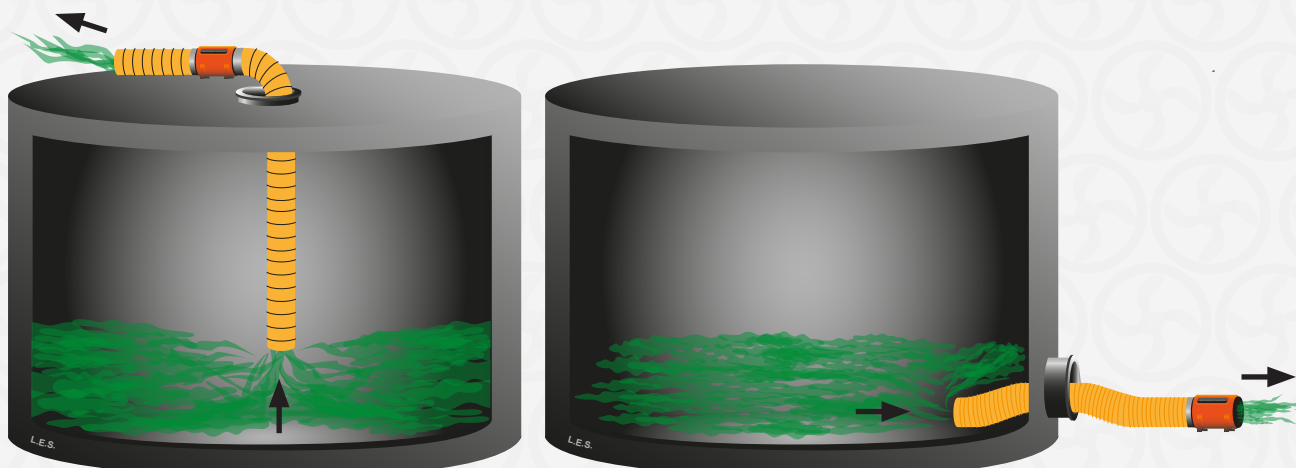
Até mesmo na avaliação da atmosfera de um espaço confinado, a detecção de gases depende do conhecimento prévio sobre os potenciais contaminantes, pois os detectores de gás devem oferecer os sensores adequados para os gases que precisam ser detectados. E na ventilação não é diferente. Sem que se conheça o tipo de gás e as suas características, não é possível planejar e realizar uma ventilação eficiente.

Um exemplo disso é densidade dos gases, já que um gás mais leve do que o ar ocupará o alto do espaço confinado, enquanto um ar mais pesado irá se acumular no fundo do ambiente. E com esse conhecimento será possível realizar uma ventilação que funcione corretamente.

Um gás mais leve do que o ar irá se acumular no alto do ambiente, e a ventilação deve considerar isso.

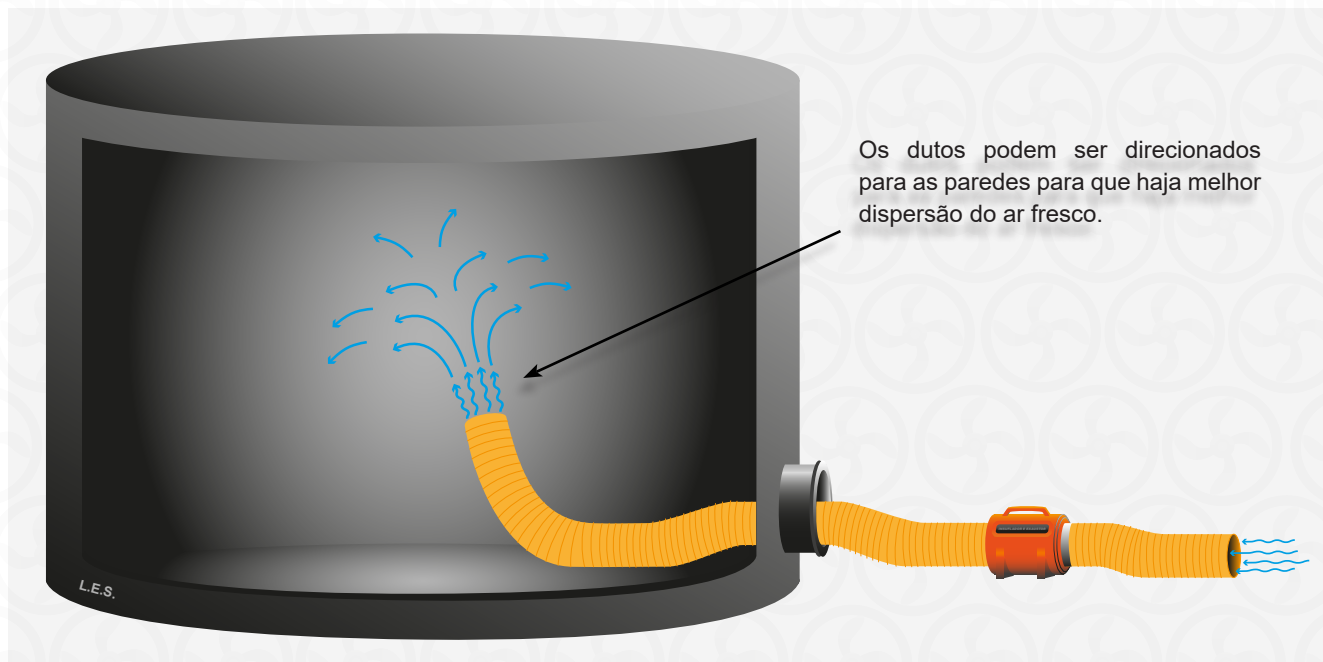


Um gás mais pesado do que o ar irá se acumular no fundo do ambiente, e a ventilação deve considerar isso.



Ventilação geral

A ventilação geral pode acontecer na forma de insuflação ou de exaustão, e é indicada para a diluição de contaminantes quando eles existirem em baixas concentrações, ou para amenizar a temperatura do ambiente e garantir o fornecimento de ar respirável.

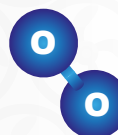


Indicações

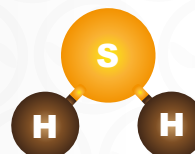
Controle de temperatura.



Manutenção da concentração de oxigênio.



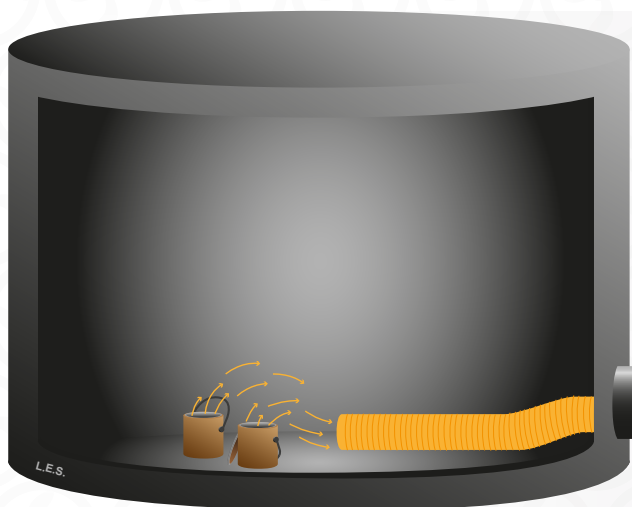
Diluição de contaminantes com baixas concentrações.



Vimos no início deste capítulo e também abordaremos nas próximas páginas, que nem sempre a ventilação geral será a melhor opção.

Ventilação local

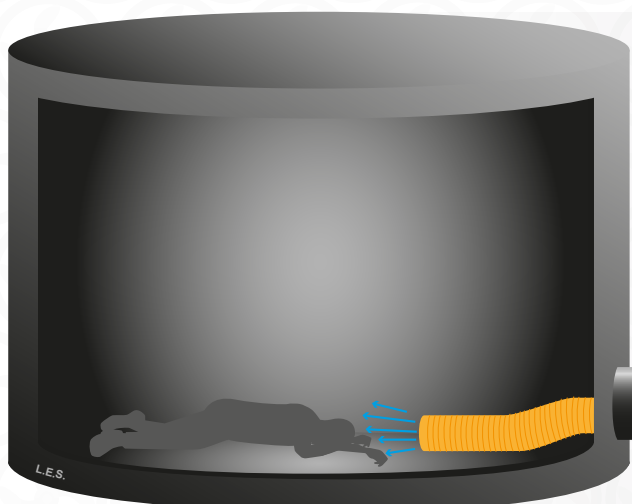
Algumas situações exigem uma ventilação local, o que significa fazer a insuflação ou a exaustão afetarem uma área específica do ambiente. Veja alguns exemplos:



Nos casos em que há a geração de gases e vapores a partir de uma fonte específica, o ideal é usar da exaustão local para capturar os gases e vapores na origem e transportá-los para fora do ambiente antes que eles se espalhem pelo ambiente.



Certos trabalhos podem criar poeiras e fumos (partículas sólidas) que são nocivas a saúde dos trabalhadores e, em alguns casos, potencialmente explosivos. Assim como no exemplo anterior, o ideal é usar a exaustão local para capturar essas partículas na origem e transportá-las para fora do ambiente.



Um exemplo para a aplicação da insuflação local é o envio de ar fresco para uma vítima que não possa sair do espaço confinado por meios próprios enquanto aguarda a operação de resgate.

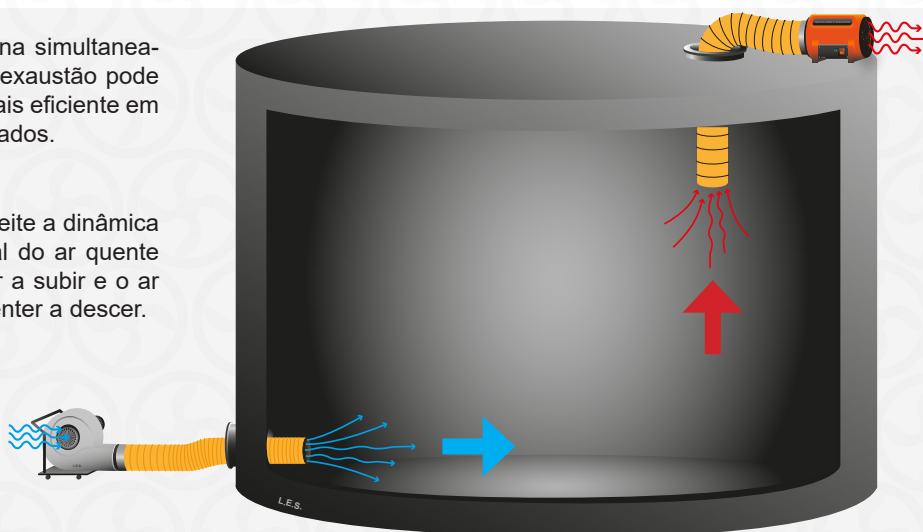
Ventilação conjugada

Para gerar uma ventilação mais rápida e eficiente é possível combinar simultaneamente a insuflação e a exaustão. Para isso é necessário o uso de dois equipamentos, e se os acessos ao espaço confinado forem pequenos é conveniente que haja duas entradas por causa da largura dos dutos de ar.

A ventilação que combina simultaneamente a insuflação e a exaustão pode garantir um processo mais eficiente em grandes espaços confinados.



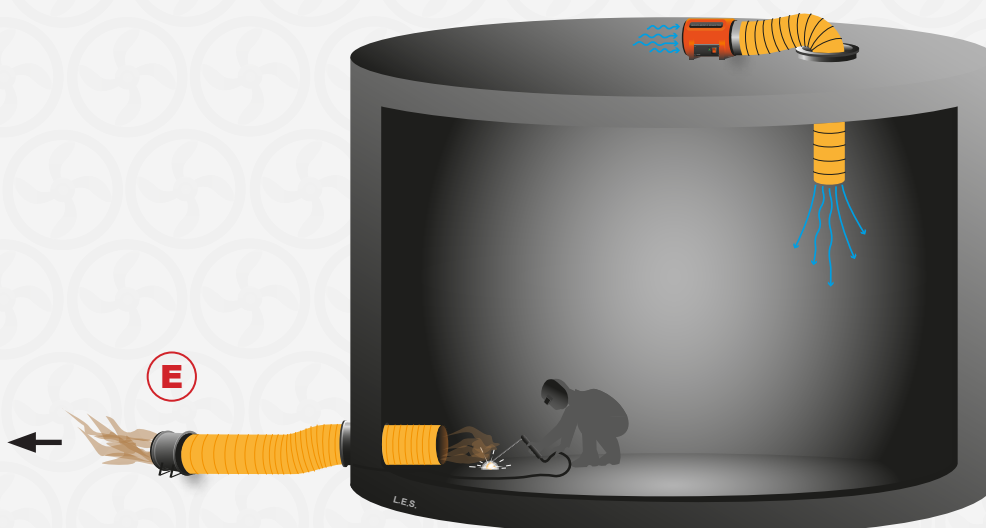
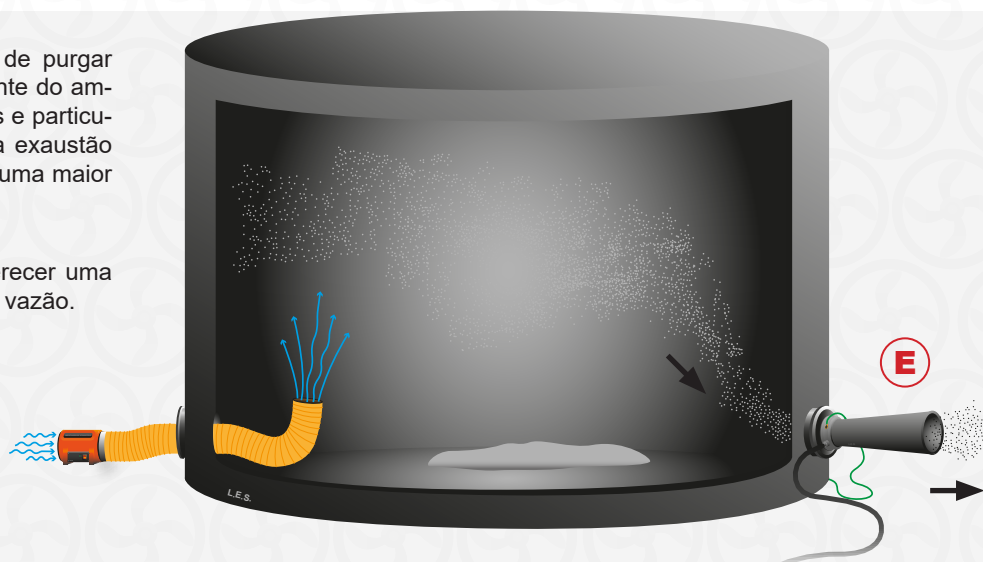
Aproveite a dinâmica natural do ar quente tender a subir e o ar frio denter a descer.



Quando há a necessidade de purgar (expulsar) algum contaminante do ambiente, como gases, vapores e particulados, é aconselhável que a exaustão tenha uma maior pressão e uma maior vazão.



A exaustão deve oferecer uma maior capacidade de vazão.

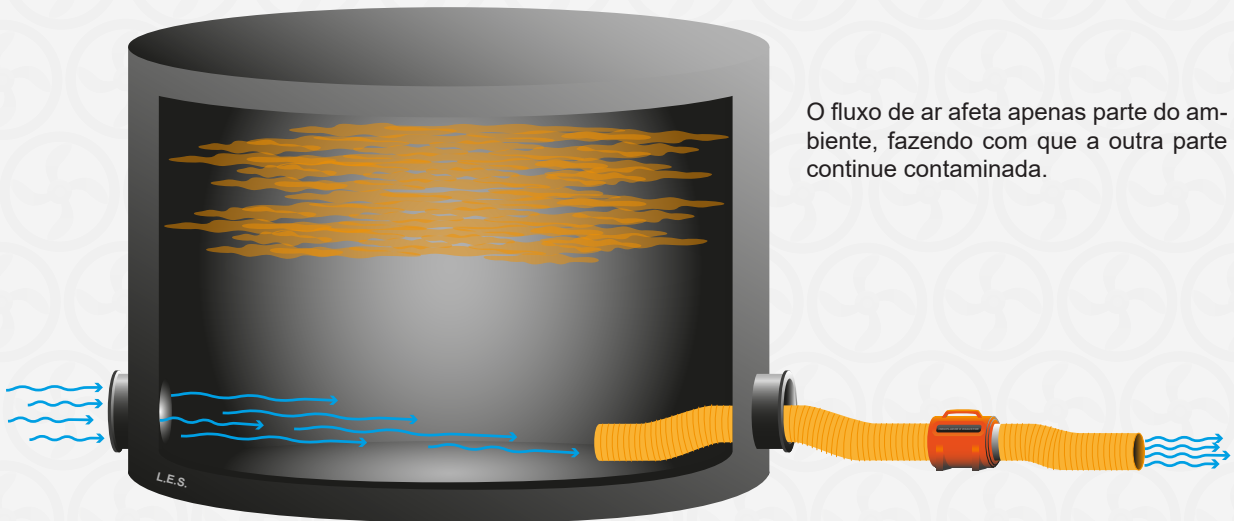


Problemas e soluções na ventilação

O alinhamento das entradas

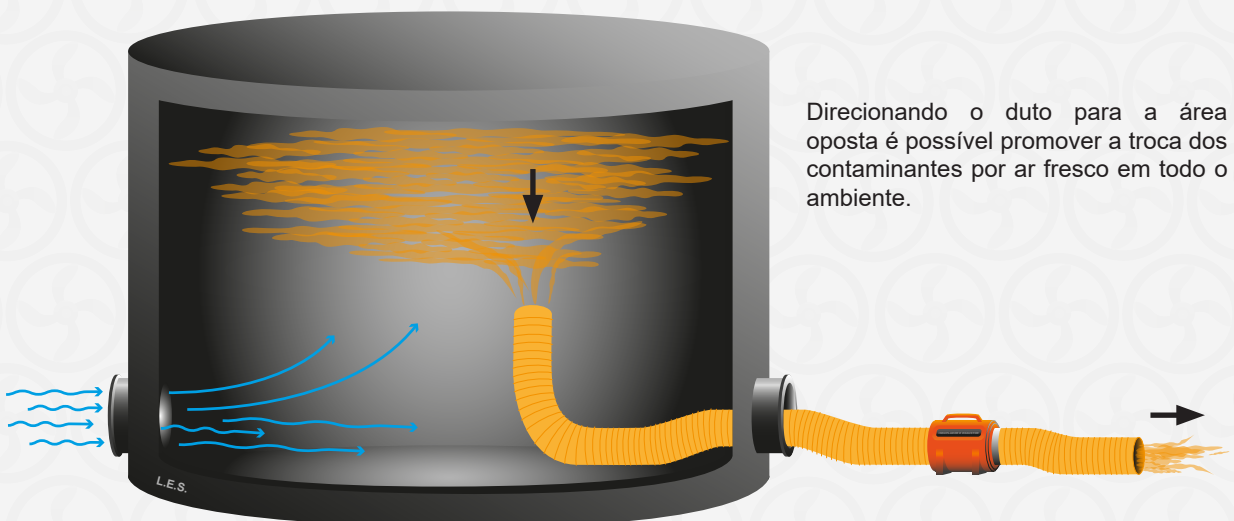
O alinhamento das entradas de um espaço confinado pode gerar um fluxo de ar que afetará apenas a área onde elas se encontrem. O planejamento da ventilação deve considerar esse risco e adotar medidas que garantam os efeitos sobre toda a atmosfera do ambiente. Veja os exemplos abaixo:

Problema



O fluxo de ar afeta apenas parte do ambiente, fazendo com que a outra parte continue contaminada.

Solução



Direcionando o duto para a área oposta é possível promover a troca dos contaminantes por ar fresco em todo o ambiente.

Problemas e soluções na ventilação

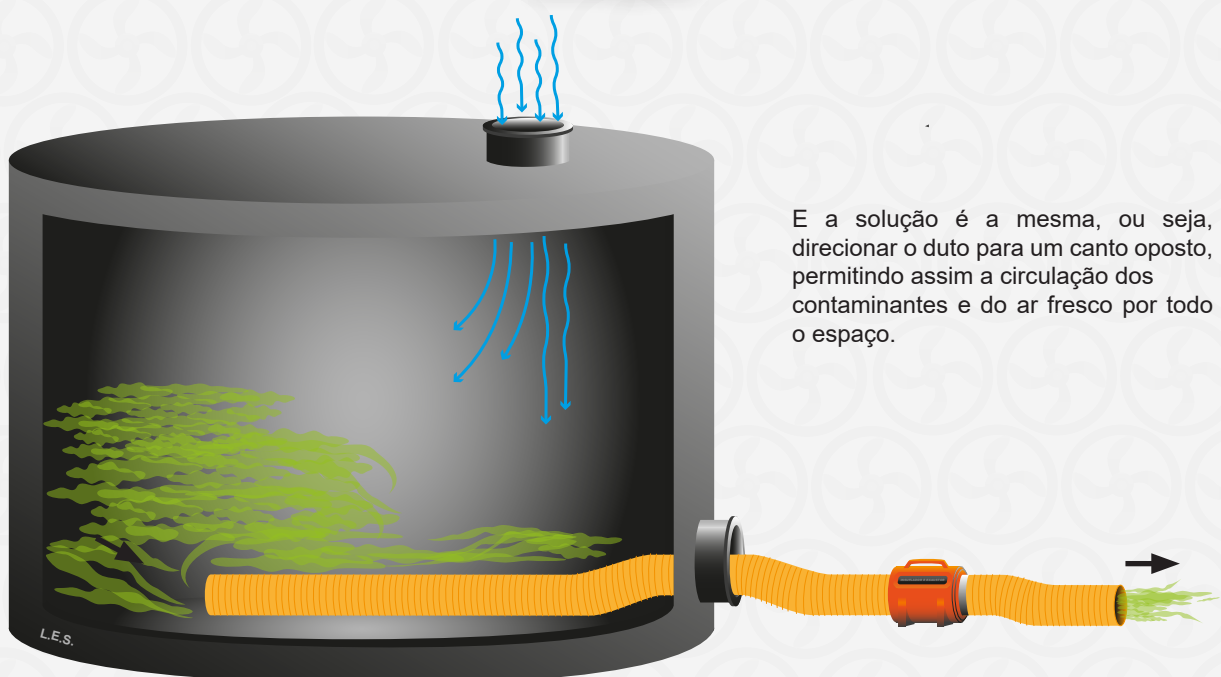
O alinhamento das entradas

Problema



Este exemplo é semelhante ao anterior. Apenas o alinhamento é diferente. E gera o mesmo problema, que é permitir que o fluxo de ar afete apenas uma parte do ambiente.

Solução

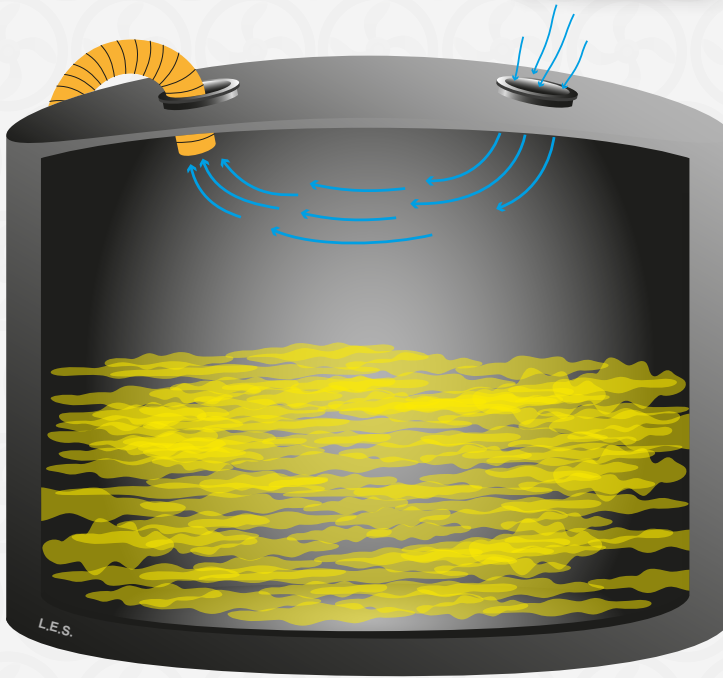


E a solução é a mesma, ou seja, direcionar o duto para um canto oposto, permitindo assim a circulação dos contaminantes e do ar fresco por todo o espaço.

Problemas e soluções na ventilação

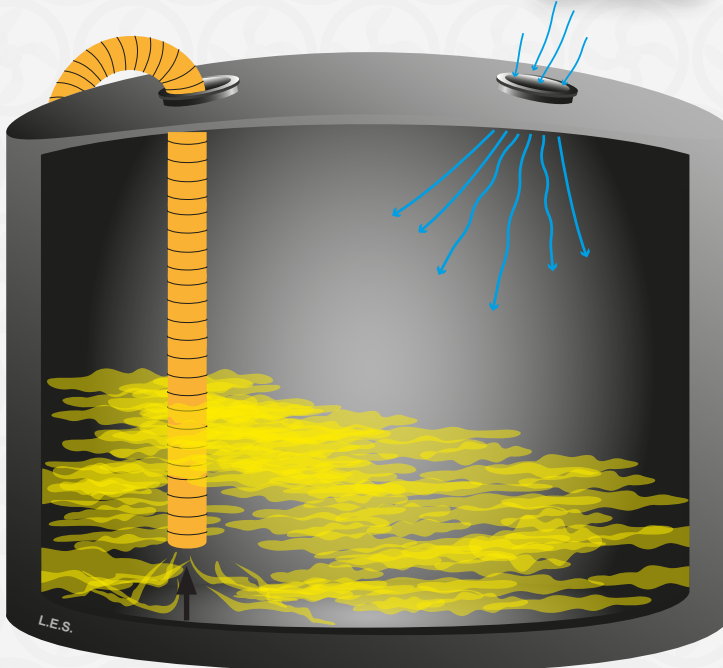
O alinhamento das entradas

Problema



Como nos exemplos anteriores, a proximidade das entradas pode ocasionar uma ventilação direcionada e que afete apenas uma parte do ambiente.

Solução



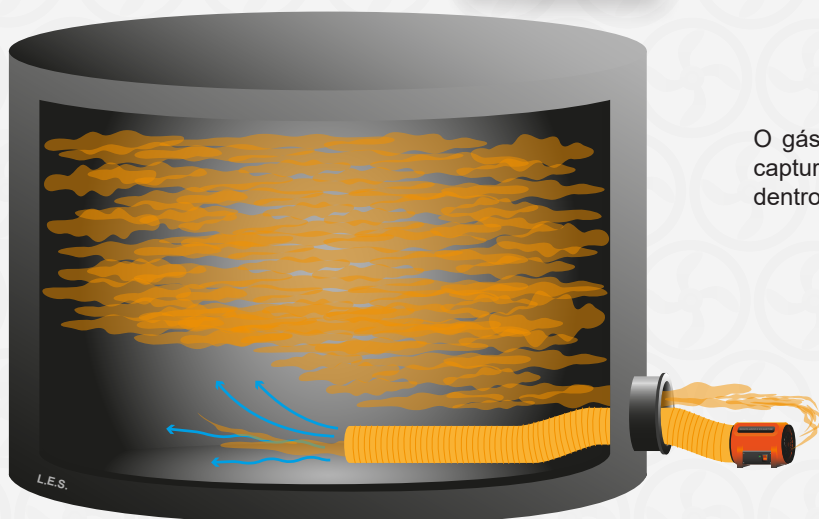
E a solução continua sendo, como nos exemplos anteriores, levar o fluxo de ar, seja ele na forma de insuflação ou de exaustão, para uma extremidade oposta ao das entradas.

Problemas e soluções na ventilação

Recirculação dos contaminantes

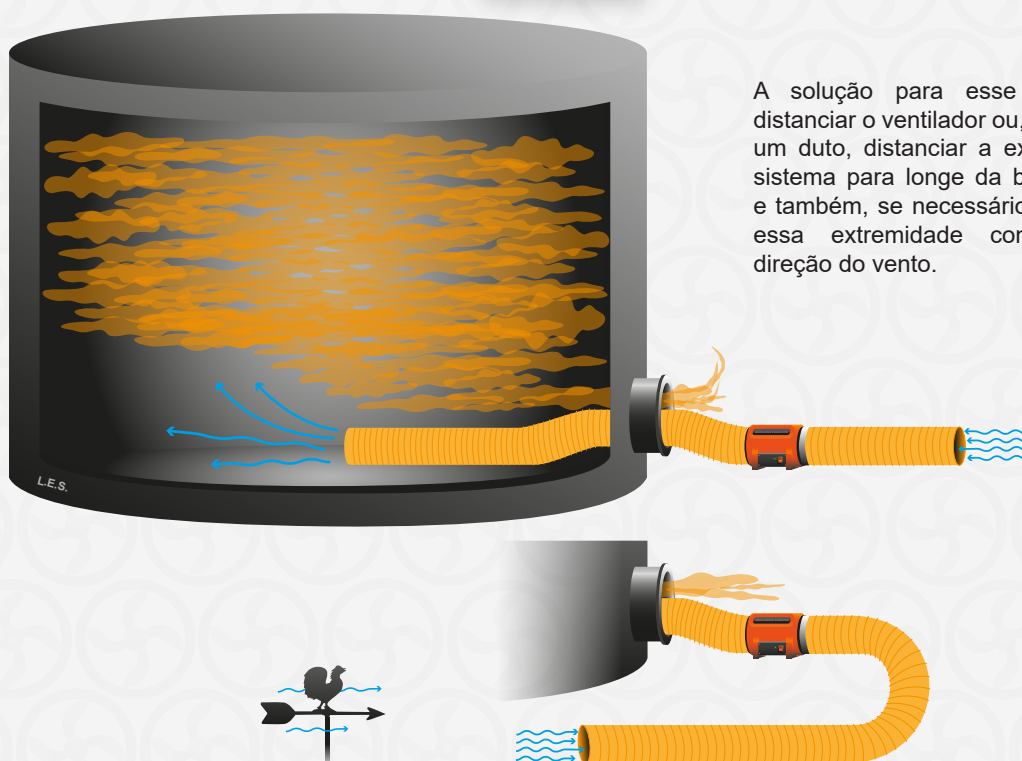
A recirculação acontece quando o contaminante que está saindo do espaço confinado é capturado pelo ventilador ou pelo fluxo de ar que está entrando pela boca de visita. Ou seja, o contaminante, ou parte dele, volta para dentro do espaço confinado durante o processo de ventilação. Isso acontece mais facilmente quando o espaço confinado tem um único acesso e quando o ventilador é posicionado muito próximo da entrada. Alguns textos chamam esse tipo de ocorrência de “curto-circuito”. Veja os exemplos a seguir.

Problema



O gás que sai do espaço confinado é capturado pelo ventilador e retorna para dentro do ambiente.

Solução



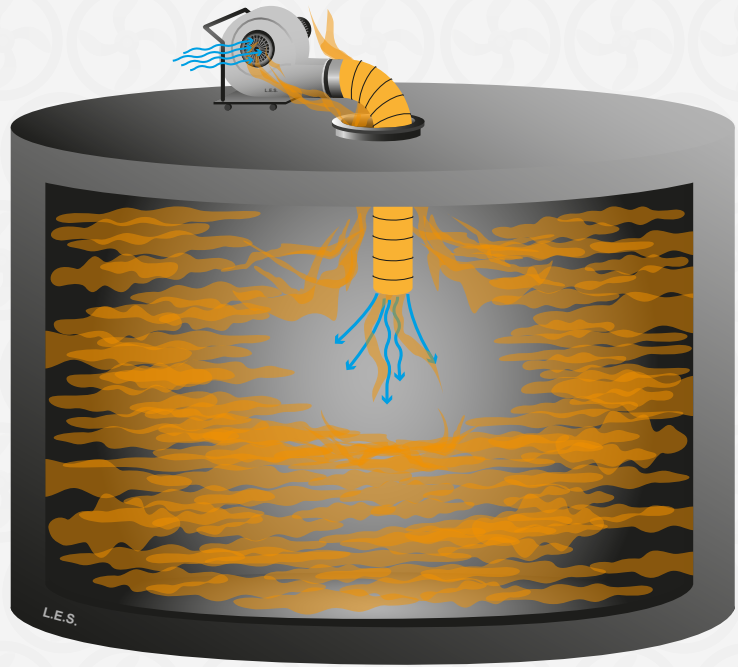
A solução para esse problema é distanciar o ventilador ou, com o uso de um duto, distanciar a extremidade do sistema para longe da boca de visita, e também, se necessário, reposicionar essa extremidade considerando a direção do vento.

Problemas e soluções na ventilação

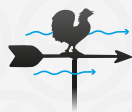
Recirculação dos contaminantes

Problema

Como no exemplo anterior, o gás que sai do espaço confinado é capturado pelo ventilador e retorna para dentro do ambiente.



Solução



Considere a direção do vento.

A solução será a mesma usada no exemplo anterior, que é distanciar o ventilador ou, com o uso de um duto, distanciar a extremidade do sistema para longe da boca de visita, e também, se necessário, reposicionar essa extremidade considerando a direção do vento.



Problemas e soluções na ventilação

Obstáculos

Os gases e vapores tem como característica a capacidade de se espalhar por um ambiente, já que são formados por moléculas com pouca atração entre si, mas não será sempre assim. Certas propriedades, a exemplo da densidade e da viscosidade, podem estratificar os gases em um ambiente, ou seja, criar camadas ou delimitar uma porção de gás em algum local específico.

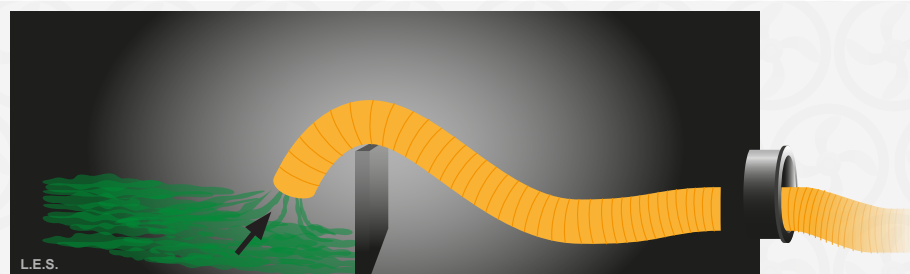
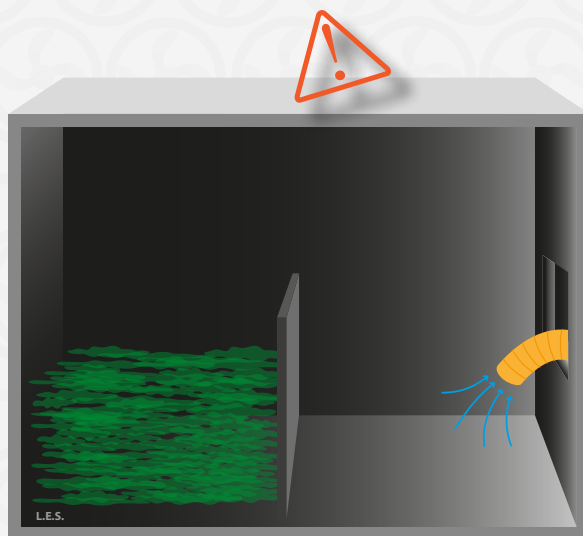
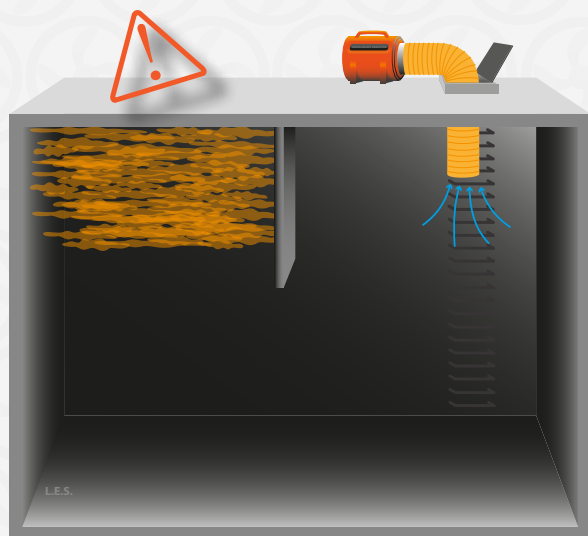
É fácil planejar um processo de ventilação de um ambiente livre de obstáculos, onde o fluxo de ar, seja numa insuflação ou numa exaustão, acontece de forma livre e sem resistência. Porém, muitas vezes o ambiente a ser ventilado oferece barreiras que dificultam esse processo e criam a possibilidade dos gases se represarem em um determinado canto do espaço confinado.

Os espaços confinados podem ser particionados de uma forma que não isole as suas partes, mas que pode oferecer resistência ao fluxo de ar. Partes estruturais, máquinas ou os chamados “cantos mortos” podem represar uma certa quantidade de um determinado gás, seja ele mais leve ou mais pesado do que o ar.

A permanência de gases contidos em bolsões, mesmo após um processo de purga e de ventilação, já vitimou trabalhadores na vida real. E por isso é essencial considerar a possibilidade de haver uma porção de gás represada por algum obstáculo existente dentro do espaço confinado ou concentrado no ponto de origem.

A solução é usar os dutos de ventilação para garantir que a insuflação ou a exaustão chegue até os cantos mais isolados do ambiente.

Por causa das propriedades físico-químico de alguns gases e diante da presença de obstáculos é possível que certos contaminantes fiquem concentrados ou represados em partes específicas de um espaço confinado.



A solução é usar os dutos de ventilação para garantir que a insuflação ou a exaustão chegue até os cantos mais isolados do ambiente.

Problemas e soluções na ventilação

Contaminação do meio ambiente externo

Um problema óbvio, mas que facilmente pode acontecer por descuido, é o de fazer a exaustão de um espaço confinado expurgando contaminantes tóxicos ou inflamáveis e os lançar sem cuidado para o meio ambiente externo. Sem a devida atenção e sem os devidos cuidados pode-se colocar a segurança e a vida de pessoas em risco. E essas pessoas podem não ter nada a ver com a execução do trabalho.

Contaminantes lançados para o meio ambiente externo podem atingir outros trabalhadores que estejam nas proximidades do espaço confinado, podem atingir pessoas de uma sala cujas portas ou janelas estejam no caminho dos gases e vapores, podem atingir pedestres em uma via pública ou infiltrar em tubulações e galerias. E isso só para citar alguns poucos exemplos.



Dependendo da substância e da concentração dela dentro do espaço confinado, a ventilação não deverá simplesmente lançá-la para o meio ambiente externo. A legislação ambiental proíbe que certas substâncias sejam lançadas para a atmosfera, exigindo do processo de ventilação alguma forma de contenção dos contaminantes após terem sido sugados do espaço confinado. Essa contenção deve acontecer através de alguma forma de filtragem.

Devemos lembrar também que lançar para o meio externo um gás inflamável poderá criar uma grave condição de risco, já que o gás expelido pela ventilação poderá encontrar fora do espaço confinado alguma fonte de ignição, que poderá inflamá-lo e gerar um incêndio ou uma explosão.

Portanto, mesmo nos casos em que a filtragem não seja obrigatória, o lançamento dos contaminantes extraídos do interior de um espaço confinado deve acontecer de uma forma que eles possam ser dispersados na atmosfera sem riscos. Deve ser evitado o contato da substância com uma possível fonte de ignição, bem como evitar afetar pessoas, plantas e animais. Para isso, deve ser observado o que será lançado, onde será lançado, a existência de possíveis fontes de ignição para gases inflamáveis e também as condições atmosféricas, como a existência e direção de ventos.

Problemas e soluções na ventilação

Captura accidental de contaminantes

Um outro problema que pode ocorrer por falta de atenção é a captura accidental de contaminantes cuja fonte de emissão esteja do lado de fora do espaço confinado.

Um exemplo para esse problema é a presença de motores a combustão ligados e próximos ao ventilador. Se a ventilação for de insuflação, haverá grandes chances dos gases emitidos pelo motor serem capturados e lançados para dentro do espaço confinado.

O uso de geradores de energia elétrica a combustão pode facilmente oferecer esse tipo de risco.

Existem os ventiladores que funcionam com a energia fornecida por baterias de carros, e se não houver muito cuidado com a posição do ventilador e do veículo (estando ele com o motor ligado), e também com a direção do vento, haverá o risco da captura de parte dos gases tóxicos emitidos pelo escapamento e o envio deles para dentro do espaço confinado.

No caso dos modelos de ventilador cujos motores são à combustão, todos os cuidados e procedimentos determinados pelos fabricantes deverão ser adotados.

E não é somente o processo de insuflação que oferece esse risco. No processo de exaustão também poderá haver esse problema. Para isso bastará ter uma fonte emissora de contaminantes próxima da boca de visita do espaço confinado. Num processo de exaustão as substâncias perigosas poderão ser capturadas pela corrente natural de ar gerada pela ventilação (equilíbrio da pressão interna e externa).



Insufladores e exaustores

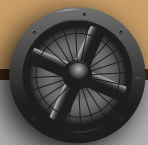


Locação e venda de equipamentos de Ar Respirável

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



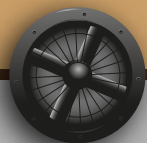
**Equipamentos para trabalhos em altura;
Equipamentos para emergências químicas.**



CAPITULO 5

TEMPO DE VENTILAÇÃO





Cálculo do tempo de ventilação

A Norma Regulamentadora número 33 considera que todo ambiente classificado como espaço confinado oferece riscos potenciais e exige que esses riscos sejam identificados, avaliados, anulados ou controlados. No que diz respeito aos problemas atmosféricos, a análise da atmosfera precisa ser feita através de um detector de gases, e se detectada alteração na concentração de oxigênio ou a presença de contaminantes no ar, algo precisa ser feito para resolver o problema.

A ventilação é um dos meios de corrigir os problemas atmosféricos que pode acontecer como uma troca do ar impróprio por um ar adequado e seguro ou para eliminar de dentro do ambiente substâncias perigosas que são geradas no seu interior.

O problema pode ser a existência de uma atmosfera imprópria para os trabalhadores, por apresentar excesso ou falta de oxigênio; ou substâncias tóxicas; ou substâncias asfixiantes; ou substâncias inflamáveis. E não se pode esquecer do ar quente, que pode tornar um ambiente inadequado para a presença humana ou pode tornar inviável a atividade física dentro dele ou, pelo menos, por períodos longos de tempo.

Um outro problema que compromete a segurança dos trabalhadores dentro de um espaço confinado é a emissão de gases, vapores e particulados. Essas emissões podem ser originadas de uma fonte dentro do ambiente ou serem produzidas pela tarefa que é executada dentro do espaço confinado. Por exemplo, o jateamento de superfícies emite uma grande quantidade de particulados. Os trabalhos de solda ou oxicorte emitem os chamados fumos. Produtos químicos voláteis levados pelos trabalhadores para dentro do espaço confinado, ao serem abertos e usados, podem gerar perigosos gases e vapores. E esses não são problemas relacionados com o espaço confinado, pois este poderia ser considerado seguro até a entrada dos trabalhadores e o início dos trabalhos, mas tem a ver com as atividades humanas realizadas em seu interior.

Começando pelos problemas

Preexistentes



Devem ser detectados antes do ingresso de trabalhadores no espaço confinado.



Podem consistir em excesso ou falta de oxigênio, presença de substâncias tóxicas, de substâncias asfixiantes, substâncias inflamáveis, de temperatura elevada e fortes odores.



A origem pode variar, mas não se relaciona com a presença de pessoas no seu interior.

Em decorrência das atividades



Devem ser monitorados por todo o tempo de permanência dos trabalhadores no interior do espaço confinado.



Podem ocorrer na forma de falta de oxigênio, na presença de substâncias tóxicas, de substâncias asfixiantes, substâncias inflamáveis, de temperatura elevada e fortes odores.



A origem é a atividade humana realizada dentro do espaço confinado. O simples fato de haver pessoas respirando em um ambiente sem a troca de ar pode degradar as condições atmosféricas. Os trabalhos realizados também podem apresentar fontes de perigo.

Resolvendo os problemas

Solução de problemas preexistentes

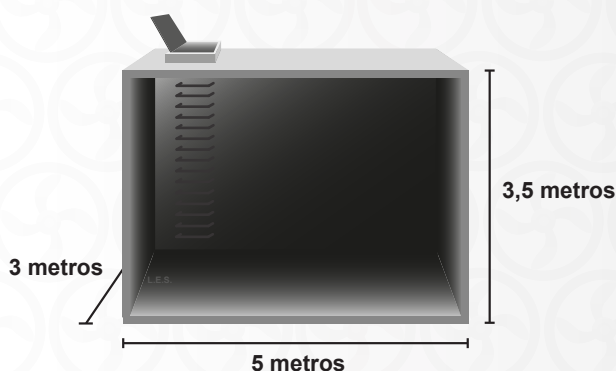
Nessa situação foi identificado algum problema atmosférico na avaliação do ambiente antes do ingresso dos trabalhadores. E diante da detecção do problema, é necessário corrigi-lo. E a maneira de solucionar a maioria dos problemas é realizar a troca de toda a atmosfera do espaço confinado por ar limpo e fresco.

Para garantir que todo o ar de um ambiente seja substituído é necessário calcular o tempo necessário de ventilação.

Para essa ventilação, usa-se uma referência antiga que surgiu na década de 70, resultado das pesquisas da empresa BELL TELEPHONE LABORATORIES, que buscou definir um padrão de ventilação que garantisse a total renovação atmosférica considerando uma variedade de configurações de espaços confinados.

O resultado desses testes culminou em uma fórmula simples que tem como fatores o volume do espaço confinado em metros cúbicos, a capacidade de vazão do ventilador (considerando todas as variáveis) e por último, o uso de um fator de segurança.

Volume do espaço



Calcule o volume do espaço confinado em metros cúbicos (m^3).

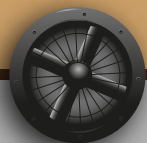
Cálculo: $3 \times 5 \times 3,5 = 52,5 \text{ m}^3$

Veja o tópico cálculos na página 17.



As formas geométricas dos ambientes podem variar muito, e existe uma fórmula diferente para cada geometria. No entanto, pode-se usar os formatos cubo e paralelepípedo para fins de cálculo, normalmente levando a um resultado maior do que o real.

Se as dimensões forem estimadas, que a estimativa seja para mais. Se o volume do espaço confinado for calculado com um valor maior, isso resultará num tempo maior de ventilação, e ventilar por mais tempo é mais seguro do que ventilar por um tempo menor do que o necessário.



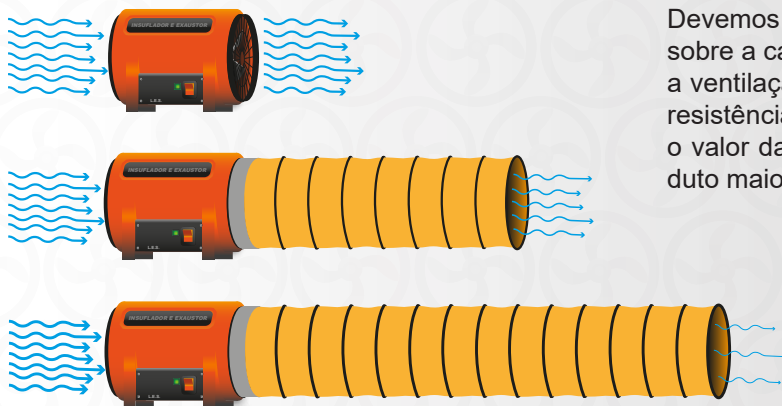
Capacidade de vazão do ventilador

Determine a vazão do ventilador considerando as condições de uso.

Todas as informações sobre a capacidade de vazão do ventilador devem ser oferecidas pelo fornecedor do equipamento.

Comprimento do duto

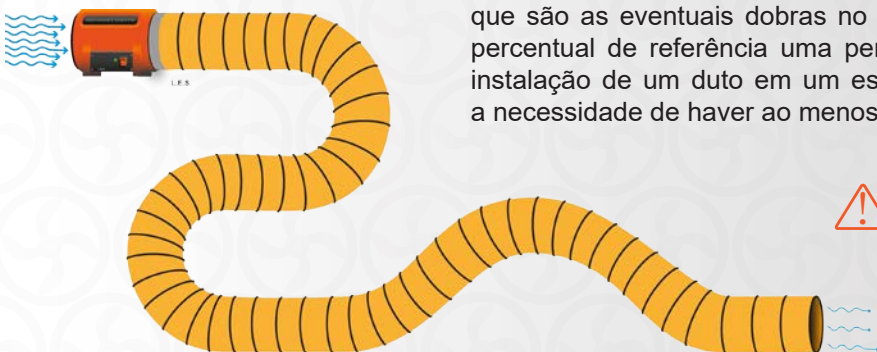
Devemos lembrar que o primeiro valor apresentado sobre a capacidade de vazão é, normalmente, sobre a ventilação livre (vazio), sem qualquer elemento de resistência. Mas quando é adicionado um duto de ar o valor da vazão diminui, e quanto mais longo for o duto maior será a resistência e menor será a vazão.



Tabelas comparativas, entre diferentes modelos de equipamentos, mostram que dutos longos (até 15 metros) podem gerar uma diminuição da vazão entre 9% e 29%.

Número de dobras do duto

Há um outro fator que pode gerar uma interferência ainda maior, que são as eventuais dobras no percurso do duto. E usa-se como percentual de referência uma perda de 15% para cada dobra. Na instalação de um duto em um espaço confinado facilmente haverá a necessidade de haver ao menos duas dobras em ângulos de 90°.



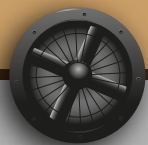
Portanto, se usarmos o tal percentual de referência, considerando duas dobras, teríamos uma perda de 30%. No entanto, dados apresentados por fornecedores de equipamentos mostram que numa situação como essa a perda pode ultrapassar os 40%.

Exemplo com dados hipotéticos

Para os cálculos numa situação real, os dados utilizados devem ser fornecidos pelo fabricante ou pelo importador do equipamento.

Vazão (vazio):	1.800 m ³ /h ou 30 m ³ /min
Com duto de 15 metros (-20%):	24 m ³ /min
Com duas dobras com ângulos de 90° (-40%):	14,4 m ³ /min

Nestas condições de uso a vazão esperada será de 14,4 m³ por minuto.



Fator de segurança

7,5 x

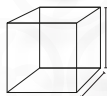
A Bell, na década de 70, após o conjunto de testes em diferentes espaços confinados, concluiu que para um processo de ventilação ser eficiente para a renovação total da atmosfera dentro dos ambientes seria necessário que fossem feitos sete ciclos e meio de ventilação. Explicando melhor, significa que após calcular o tempo necessário para movimentar o volume de ar do espaço confinado, que esse tempo deverá ser multiplicado por 7,5.

Essa fórmula é utilizada até os dias atuais, quando o processo visar adequar as condições atmosféricas para o ingresso de trabalhadores nos espaços confinados.

Cálculo do tempo de ventilação



T (tempo a ser calculado)



V (volume interno do espaço confinado) = 52,5 m³
(Calculado na página 57)



C (capacidade de vazão do ventilador) = 14,4 m³/min
(Calculado na página 58)

FS

(Fator de segurança) = 7,5

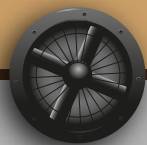
Fórmula:
$$T = \frac{V}{C} \times 7,5$$

Cálculo:
$$T = \frac{52,5 \text{ m}^3}{14,4 \text{ m}^3/\text{min}} \times 7,5$$

$$T = 3,6 \text{ min} \times 7,5$$

$$T = 27 \text{ min}$$

Para este espaço confinado, com este ventilador acoplado a um duto longo e duas dobras, o tempo de ventilação/purga deverá ser de no mínimo **27 minutos** para que aconteça a perfeita renovação da atmosfera. Porém, antes do ingresso dos trabalhadores ser autorizado, uma nova avaliação atmosférica deverá ser realizada para garantir que as condições, de fato, tornam-se seguras.



Resolvendo os problemas

Manutenção das boas condições atmosféricas

Na primeira situação vimos o cálculo do tempo para trocar a atmosfera de um espaço confinado a fim de melhorar as condições ambientais para os trabalhadores poderem entrar. Nessa segunda situação será considerado que os trabalhadores já ingressaram no espaço confinado e precisam que as condições atmosféricas sejam mantidas seguras.

A forma de manter uma atmosfera segura no decorrer dos trabalhos será também através da ventilação, porém, mudando alguns parâmetros e a forma de cálculo.

Nesse novo processo continua sendo necessário o cálculo do volume interno do espaço confinado, e o que muda é que o resultado do cálculo não será mais o tempo. Será o número de ciclos e o total de ar movido por hora.

A NIOSH (Instituto Nacional de Segurança e Saúde Ocupacional do EUA) recomenda de 7 a 14 trocas de ar a cada hora em áreas não classificadas (sem risco de incêndio e explosão) e de 15 a 20 trocas para áreas classificadas (potencialmente explosivas).

No Brasil, o Guia Técnico da NR 33 de 2013, publicado pela Fundacentro (na época vinculada ao Ministério do Trabalho e Emprego) recomendou na tabela apresentada abaixo números de 10 a 60 trocas a cada hora. A norma técnica ABNT NBR 16577 publicada no ano de 2017 inseriu o texto do Guia Técnico da NR 33 de 2013 no Anexo B e apresentou a mesma tabela.

Tabela apresentada no Guia Técnico da NR33 do Ministério do Trabalho e Emprego e Fundacentro publicado ano de 2013, e aproveitado no texto da norma técnica ABNT NBR 16577 de 2017.

Recomendações de Trocas de Ar para Ventilação em Espaço Confinado

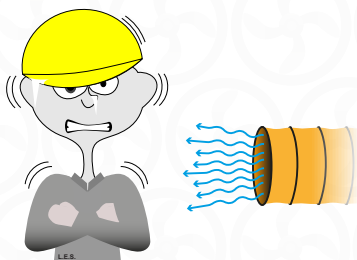
Número de trocas de ar	Redução do contaminante	Condições
10	10 - 100x	Mistura bem realizada e liberação de contaminante desprezível.
20 - 30	10 - 100x	Mistura pobre e liberação de contaminante significativa.
30 - 60	10 - 100x	Mistura pobre e liberação de contaminante significativa.
60-100 (somente o emprego de ventilação não é adequado)		Movimento do ar desprezível e alta liberação de contaminante.

Fonte referenciada nos textos de origem:

Adaptado de McManus, Safety and Health in Confined Spaces, 1999.

Esta tabela orienta que para certa quantidade de contaminante um certo número de trocas de ar deverá acontecer para que esse contaminante seja diluído entre 10 a 100 vezes.

A tabela acima orienta uma ventilação com capacidade de realizar até sessenta trocas de ar a cada hora. Isso significa usar equipamentos potentes e com uma grande capacidade de vazão. Isso pode garantir a qualidade da atmosfera dentro do espaço confinado, mas pode também causar certos desconfortos para os trabalhadores.

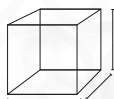


Um fluxo de ar muito intenso pode afetar a sensação térmica percebida pelos trabalhadores, já que o vento é um dos principais fatores que “roubam” calor do corpo humano. E o frio e o ruído podem provocar uma situação, no mínimo, desconfortável. Portanto, saber equilibrar a intensidade do fluxo de ar ao ambiente e as condições de trabalho é fundamental para o bem-estar dos trabalhadores.

Cálculo da vazão para as trocas de ar



Q (Total da vazão para o número de trocas da atmosfera em 1 hora)



V (volume interno do espaço confinado) = 52,5 m³
(Calculado na página 57)



n (número recomendado de trocas a cada hora) - 10



C (capacidade de vazão do ventilador) = 864 m³/h
(Calculado na página 58 e convertido m³/h)

Conferir se o ventilador disponível atende a necessidade

Fórmula: **Q = n x V**

Cálculo: **Q = 10 x 52,5 m³**
Q = 525 m³ em 1 hora

Capacidade do ventilador: $\frac{864 \text{ m}^3/\text{h}}{52,5 \text{ m}^3} = 16,4 \text{ trocas em 1 hora}$

É sabido que um ventilador, considerando um duto de 15 metros e duas dobras no duto, que tenha capacidade para gerar uma vazão de 864 m³ em uma hora, corresponde a um resultado de mais de 16 trocas por hora. Portanto, este ventilador atenderia com folga a necessidade exigida de 10 trocas para cada hora de permanência dos trabalhadores dentro do espaço confinado.

Calcular a necessidade mínima de vazão do ventilador

Caso seja necessário selecionar o equipamento que será usado no processo de ventilação, o cálculo abaixo ajudará a definir a capacidade de vazão que ele deverá apresentar para garantir a quantidade de trocas de ar. Neste segundo exemplo vamos determinar um número maior de trocas e de espaço (volume).

Fórmula: **Q = n x V**

Cálculo: **Q = 20 x 105 m³**
Q = 2.100 m³ em 1 hora

Capacidade do ventilador: **No mínimo 2.100 m³/h ou 35 m³/min**

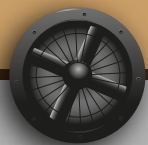
Este cálculo mostra que será necessário um ventilador com uma capacidade de vazão de no mínimo 2.100 m³ por hora ou 35 m³ por minuto. E deverá atender a esta vazão descontando todas as perdas decorrentes do comprimento do duto utilizado e das dobras que o ambiente exigir para a instalação desse duto.



CAPITULO 6

SELEÇÃO DE VENTILADORES





Seleção dos ventiladores

Neste manual são considerados os equipamentos que serão adquiridos para uma finalidade nobre, que é preservar a vida e a saúde dos trabalhadores. E a decisão de investir na compra de um ventilador para espaços confinados tem que ter isso em foco.

É muito comum que os processos de compra dentro das empresas visem reduzir o custo de aquisição, e isso por si só não é um problema, desde que a relação custo x benefício seja valorizada.

A boa compra não será feita simplesmente adquirindo o equipamento mais caro, e muito menos adquirindo o mais barato somente porque oferece o menor preço.

A boa compra será aquela feita de forma criteriosa, obedecendo requisitos técnicos que garantam que as necessidades das equipes de trabalho sejam atendidas.

Para ajudar nesse processo, seguem algumas ponderações a respeito desses critérios.

Considere as rotinas de trabalho

Sobre as rotinas de trabalho, algumas questões devem ser respondidas para que se possa determinar a quantidade de equipamentos necessários. São elas:

Quantos trabalhos simultâneos podem ser realizados por diferentes equipes?

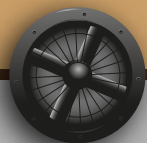
Serão utilizados em ambientes grandes, ou em condições de trabalho que possam exigir o uso de mais de um equipamento simultaneamente?

A falta do equipamento pode afetar a produção?

Ainda ocorre o paradigma de que a segurança do trabalho é despesa e não investimento, e uma meta comum em algumas empresas é reduzir as despesas ao mínimo possível. Por isso é fácil que uma empresa, ao tomar a decisão de adquirir esse tipo de recurso, se limite a adquirir um único equipamento. E, dependendo da realidade da empresa isso pode se tornar um problema.

Quando uma empresa possui um único equipamento, nas situações em que existem várias frentes de trabalho simultâneas, ou que atuam em espaços muito grandes, algum trabalho será atrasado aguardando o ventilador ficar disponível, ou assumirá o risco de deixar alguma equipe de trabalho sem esse recurso de segurança ou com uma ventilação insuficiente.

Para uma empresa que leva a sério a segurança do trabalho, ter ventiladores em número insuficiente, pode acarretar a interrupção da linha de produção, se o trabalho a ser realizado, seja ele de produção, de instalação, de manutenção ou de limpeza for essencial e precise do insuflador/exaustor para ser realizado. Diz o ditado popular que “quem tem dois, tem um, e quem tem um não tem nenhum”. É importante considerar a necessidade de garantir que sempre haja um ou mais equipamentos em condições de uso, incluindo os dutos de ar.



Considere os tipos dos espaços confinados

O tamanho e formato dos espaços confinados devem ser considerados na seleção dos ventiladores, e algumas questões devem ser respondidas para que essa seleção seja eficiente. São elas:

Qual o tamanho dos espaços que precisaram ser ventilados?

A resposta a esta pergunta definirá o tamanho e a potência do ventilador, do tamanho dos dutos de ar e eventualmente a necessidade de mais de um ventilador para uso simultâneo.

Existe grande variação de tamanhos?

A resposta a esta pergunta definirá se um único modelo de ventilador bastará para atender a todos os ambientes ou se haverá a necessidade de ter ventiladores com especificações técnicas diferentes para atender essa variação. Um ventilador muito potente pode ser inadequado para ambientes pequenos ou um ventilador de pouca vazão pode não ventilar ambientes muito grandes adequadamente.

Quais os tamanhos e as quantidades das bocas de visita?

A resposta a esta pergunta definirá o diâmetro dos dutos de ar e a possibilidade ou impossibilidade de usar dois ventiladores simultaneamente.

Os espaços internos são livres ou particionados (com divisões internas)?

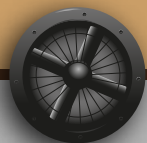
A resposta a esta pergunta definirá o comprimento dos dutos de ar e a necessidade de instalá-los com muitas dobras ao longo do percurso. Dutos longos e com muitas dobras exigem ventiladores com mais pressão estática.

Os espaços confinados são predominantemente horizontais ou verticais?

Assim como o tamanho, esse critério definirá o comprimento dos dutos e a pressão estática que o ventilador precisará oferecer.

As áreas em torno dos espaços confinados são seguras para a captação de ar fresco no processo de insuflação ou são seguras para a dispersão de contaminantes no processo de exaustão?

A resposta a esta pergunta definirá se haverá a necessidade de dutos de ar nas duas extremidades do ventilador, ou seja, se deverá haver um duto ventilando dentro do espaço confinado e outro duto para captar o ar fresco longe da boca de visita ou para lançar os contaminantes numa área segura e distante do espaço confinado.



Considere os tipos de contaminantes

Os tipos de contaminantes também devem ser considerados na seleção de um ventilador, e algumas questões devem ser respondidas para que essa seleção seja eficiente. São elas:

Qual a densidade dos gases?

Em um espaço vertical onde se espera um gás mais leve do que o ar e cuja única boca de visita seja na sua base, haverá a necessidade de o duto de ar dentro do ambiente ser elevado até o ponto onde o gás está acumulado. Na situação inversa, ou seja, com uma boca de visita no alto e um gás mais pesado do que o ar, o duto deverá alcançar o fundo do ambiente onde o gás está acumulado. E ambas as situações poderão exigir dutos longos e ventiladores com maior pressão estática.

Haverá a exaustão de substâncias corrosivas ou muito abrasivas?

Em função das características do contaminante será necessário selecionar um ventilador construído com materiais resistentes ao tipo de contaminante. Na exaustão de partículas muito abrasivas haverá a necessidade do corpo e das peças internas do ventilador serem resistentes a abrasão das partículas ou optar-se por um ventilador tipo Venturi que não utiliza peças internas sujeitas ao desgaste.

A exaustão será de gases e vapores inflamáveis ou de pós explosivos?

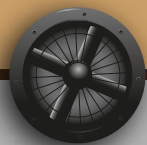
Havendo o risco de incêndio e explosão o modelo de ventilador elétrico deverá ser certificado para áreas classificadas, ou deverá optar-se por um ventilador sem alimentação elétrica, como os hidráulicos, os pneumáticos ou os do tipo Venturi. Também deverão ser instalados com o devido aterramento para anular a energia estática.

Especificações técnicas

Potência x peso e transportabilidade

Lembre-se que este trabalho aborda os ventiladores portáteis, ou seja, estamos tratando de ventiladores que podem ser facilmente transportados e instalados nos locais onde serão usados. Mas, mesmo entre os modelos portáteis, existe uma variedade de tamanho e peso.

Neste quesito deve-se equilibrar a capacidade de ventilação do ventilador com as outras características de peso, de tamanho e transportabilidade.



Especificações técnicas

Capacidade de vazão, pressão estática e velocidade de deslocamento

A seleção de um ventilador com base nesses requisitos dependerá de fatores que já foram abordados, como tamanho dos espaços confinados e os tipos de contaminantes.

A exemplo dos ventiladores axiais, o tamanho e o diâmetro do ventilador, a potência do motor, a velocidade de rotação do motor, a quantidade e o formato das pás, juntos, vão determinar a capacidade do ventilador para deslocar o ar e os contaminantes, bem como o limite para o comprimento do duto e as eventuais dobras desse duto.

Os gases e os vapores são mais fáceis de serem transportados do que os particulados, que são formados por partículas sólidas e mais pesadas. Dependendo do peso das partículas, somente um ventilador com forte deslocamento de ar pode conseguir transportá-las por todo o percurso do duto e lançá-las para onde serão dispersadas ou filtradas.

Para gases e vapores inflamáveis e pós explosivos

Para situações em que haja o risco de incêndio e explosão, deve ser utilizado um modelo de ventilador elétrico projetado, construído, testado e certificado para áreas classificadas. A outra opção é usar equipamentos cuja motorização não seja elétrica ou a combustão, optando-se pelos pneumáticos, hidráulicos ou tipo Venturi.

Fontes de energia

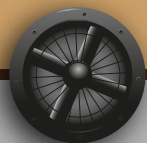
As opções existentes para os ventiladores com motores elétricos incluem os que funcionam com alimentação elétrica monofásica (110v a 220 v) ou trifásica (220v a 380v). Os motores com alimentação trifásica são mais eficientes. Contudo, o uso desse tipo de motor depende das instalações elétricas do local onde será usado.

Também existe as opções de motores com alimentação a bateria, incluindo os equipamentos com baterias próprias e outros que podem ser conectados a baterias de carros.

As versões à bateria oferecem a vantagem de serem usados onde uma rede elétrica não está disponível, contudo, são limitados ao tempo de duração da bateria ou limitados na performance quando utilizam baterias de veículos.

Qualidade do fornecedor

A seleção, o uso, os cuidados e a manutenção dos ventiladores demandam conhecimento técnico, portanto, é imprescindível que o comprador/usuário tenha ao seu dispor todo o apoio necessário. Esse apoio inclui a facilidade e a eficiência na comunicação com o fornecedor, a disponibilização de informações, a prontidão para o esclarecimento de dúvidas, a qualidade do serviço de manutenção e a rapidez e a eficiência na solução de problemas.



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.

Sobre as fontes especializadas, as mais importantes estão relacionadas abaixo.

NR 33 - SEGURANÇA E SAÚDE NOS TRABALHOS EM ESPAÇOS CONFINADOS.

GUIA TÉCNICO DA NR 33 – Fundacentro – 2013.

ABNT NBR 16577 – Espaço Confinado – Prevenção de acidentes, procedimentos e medidas de proteção – 2017.

NORMA DE HIGIENE OCUPACIONAL - NHO 08: Coleta de material particulado sólido suspenso no ar de ambientes de trabalho - Procedimento técnico - FUNDACENTRO - 2009.

Monografia de Lucio Rodrigues Neto e Luiz Felipe de Oliveira Soares – Instalações elétricas em áreas classificadas – Elaboração da lista de verificação para laboratórios em áreas classificadas – Website da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Apostila “Espaços Confinados - Segurança nas Atividades em Espaços Confinados” – Autor Sergio Rivaldo.

Apostila “Segurança e Saúde nos Trabalhos em Espaços Confinados” - Maurício Moniz - Triex Comercial - 2007.

Apostila “Instalações Elétricas em Atmosferas Explosivas” - Dácio de Miranda Jordão - 2007.

Apostila “Capacitação de Segurança em Espaços Confinados - NR 33 - Supervisores e Resgatistas” - Colégio INACI / Survival Systems do Brasil - 2009.

Artigo “Prevenção e Controle dos Riscos com Poeiras Explosivas R4” – Autor Eng. Ary de Sá.

Artigo “Noções de Ventilação Industrial” – Autor Jaime Medeiros de Oliveira.

Artigo na internet “Descomplicando a poeira e outros particulados: o que faz com que sejam tão perigosos?” – Autor Jordan Moreira – Website Descomplica SMS.

Artigo na internet “Princípio de Le Chatelier e variação da pressão” – Autor Jennifer Rocha Vargas Fogaça – Website Alunos Online.

Artigo na internet “O que é pressão dinâmica – pressão de velocidade – definição” – Autor Nick Connor – Website Thermal Engineering.

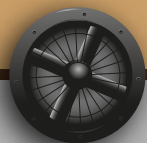
Artigo na internet “Eletrização por atrito, contato e indução” – Autor Paulo Augusto Bisquolo – Website UOL Educação.

Artigo na internet “Tudo o que você precisa saber sobre energia estática” – Autor Felipe Arruda - Website Tecmundo.

Artigo na internet (apresentação em slides) “Sistemas Fluidomecânicos” – Autor Nestor Proenza Perez – Website da UNESP.

Artigo na internet “Airmaster Venturi Principle” – Website Henderson Plastics.

Artigo “Ventilação Mecânica em Espaços Confinados” – Website da Luftmaxi.



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.

André Mansano - DTS Service

Diego Sanches - IBR Brasil

Fabício Perini - DTS Service

José Roberto Maramaldo - Graduado em Letras-Português pela USP e Mestre pela USP em Filosofia e Estudos Brasileiros.

Luiz Cesar Freire - Engenheiro de segurança do trabalho e Coronel aposentado do Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo.

Prof. Mário Sobral Jr

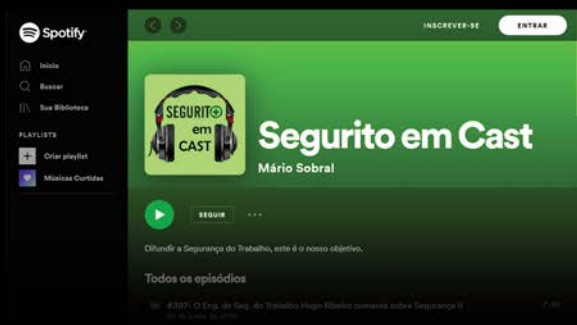
Sérgio Rivaldo - Kaefy do Brasil

Silverio Nery - Engenheiro Eletricista / Eletrotécnico

www.jornalsegurito.com



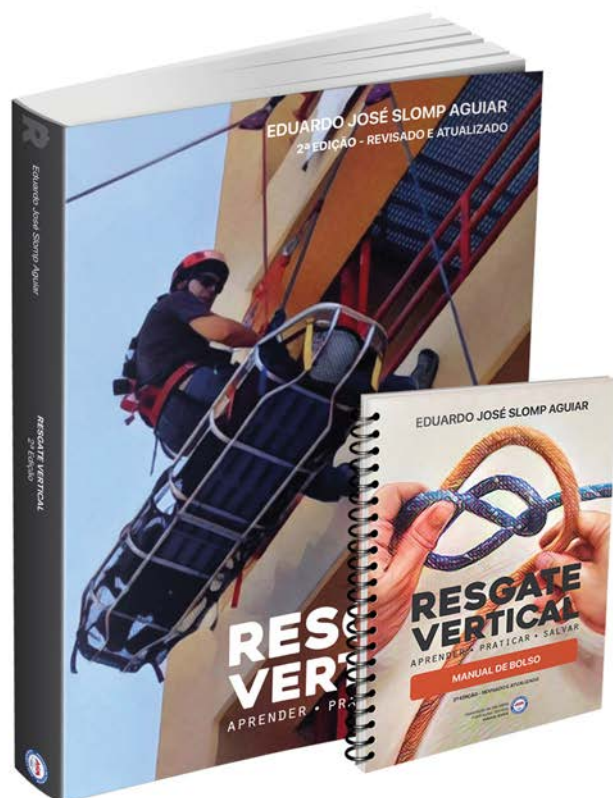
Spotify - Segurito em Cast



Youtube - Canal Jornal Segurito



Youtube - Canal SST é o Canal



Edição em português
Loja física e virtual



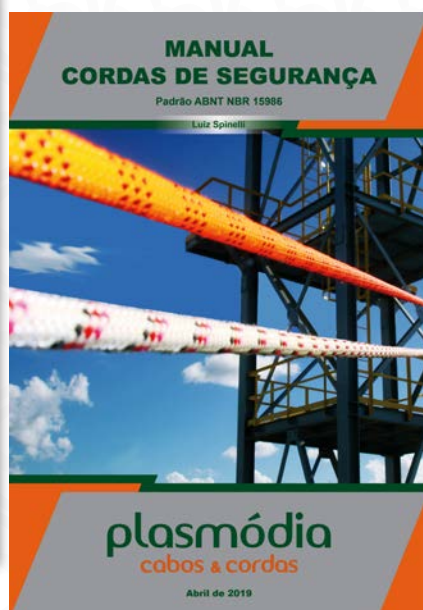
www.facebook.com/resgatevertical



Edição em espanhol
Versões digital e impressa

Outras obras de Luiz Spinelli

Acesse em www.spinelli.blog.br



Por encomenda da ANIMASEG Luiz Spinelli produziu oito resumos didáticos das normas técnicas sobre equipamentos de proteção individual e cordas de segurança.



Manual

VENTILAÇÃO EM ESPAÇOS CONFINADOS

Luiz Spinelli

www.spinelli.blog.br

luiz@spinelli.blog.br

PATROCÍNIO



APOIO

