

## **NOÇÕES DE VENTILAÇÃO INDUSTRIAL**

### **Introdução**

A importância do ar para o homem é por demais conhecida, sob o aspecto da necessidade de oxigênio para o metabolismo.

Por outro lado, a movimentação de ar natural, isto é, através dos ventos, é responsável pela troca de temperatura e umidade que sentimos diariamente, dependendo do clima da região. A movimentação do ar por meios não naturais constitui-se no principal objetivo dos equipamentos de ventilação, ar condicionado e aquecimento, transmitindo ou absorvendo energia do ambiente, ou mesmo transportando material, atuando num padrão de grande eficiência sempre que utilizado em equipamentos adequadamente projetados. A forma pela qual se processa a transferência de energia e que dá ao ar capacidade de desempenhar determinada função. A velocidade, a pressão, a temperatura e a umidade envolvem mudanças nas condições ambientais, tornando-as propícias ao bem-estar do trabalhador.

A ventilação industrial tem sido e continua sendo a principal medida de controle efetiva para ambientes de trabalho prejudiciais ao ser humano. No campo da higiene do trabalho, a ventilação tem a finalidade de evitar a dispersão de contaminantes no ambiente industrial, bem como diluir concentrações de gases, vapores e promover conforto térmico ao homem. Assim sendo, a ventilação é um método para se evitarem doenças profissionais oriundas da concentração de pó em suspensão no ar, gases tóxicos ou venenosos, vapores, etc. O controle adequado da poluição do ar tem início com uma adequada ventilação das operações e processos industriais (máquinas, tornos, equipamentos, etc.), seguindo-se uma escolha conveniente de um coletor dos poluentes (filtros, ciclones, etc.). Todavia, ao se aplicar a ventilação numa indústria, é preciso verificar antes, as condições das máquinas, equipamentos, bem como o processo existente, a fim de se obter a melhor eficiência na ventilação. A modernização das indústrias, isto é, mecanização e/ou automação, além de aumentar a produção melhora sensivelmente a higiene do trabalho com relação a poeiras, gases, etc.

#### **Pré-requisitos necessários:**

#### **Projeto, construção, manutenção de maquinaria e equipamentos industriais.**

Ao se projetar um edifício industrial, é preciso levar em consideração a disposição geral das máquinas, circulação do pessoal e altura (pé direito) visando possibilitar uma ventilação natural pelas aberturas de janelas. Quanto as máquinas e aos equipamentos que poluem o ambiente de trabalho, devem ser cuidadosamente projetados, prevendo-se enclausuramentos, anteparos, mecanização e não permitindo que poeiras, gases, vapores, etc. sejam dispersos no ambiente.

#### **b) Substituição de materiais nocivos por outros menos nocivos.**

A princípio, qualquer material pode ser manipulado com segurança; no entanto, as substâncias tóxicas ou prejudiciais ao ser humano podem ser substituídas por outras menos nocivas.

Como exemplo temos:

1. Nos trabalhos de pintura, o carbonato básico de chumbo é prejudicial ao organismo humano e pode ser substituído por compostos de titânio e zinco.

2. Como solvente orgânico o tolueno pode substituir o benzeno, por ser este altamente tóxico.
3. Utilização de abrasivos artificiais em vez de pedras naturais, que desprendem pó de sílica, provocando a silicose no homem.

#### c) Modificação de processos e métodos de trabalho

Os processos mecânicos geralmente poluem menos que os manuais; exemplos:

1. Fábricas de bateria: ajuste mecânico da pasta de óxido de chumbo para manufatura de placas. Quando manual, o excesso caía no chão, e, depois de seco, liberava poeira para o ambiente.
2. Redução da evaporação de solventes nos tanques de desengraxamento, mediante regulagem automática de temperatura do banho.

#### d) Umectação

É um antigo método usado na indústria cerâmica inglesa, permanecendo até os dias de hoje, em que as peças de cerâmica são molhadas, evitando-se a emissão de poeira quando da sua manipulação.

Exemplo: perfuração de minas, britadores, moinhos, etc.

Em ambientes industriais em que são manipulados produtos considerados perigosos em relação a combustão ou explosão, tais como processos industriais, depósitos, transporte, etc, é necessário controlar a temperatura e a umidade relativa do ar. O ar condicionado atua nesses ambientes, mantendo as condições exigidas para cada tipo de produto utilizado, agindo, inclusive, como renovador de ar ambiental.

### Características da ventilação industrial

#### Composição do ar

A composição aproximada do ar, sob três diferentes condições, é dada na Tabela 1, considerando-se ar limpo e isento de poluentes em geral.

Tabela 1. Composição do ar (percentagem em volume)

Componente	Ar externo (seco)	Ar interno (21° C, U.R. 50%)	Ar expirado (36° C, U.R. 100%)
Gás inertes	79,00	78,00	75,00
Oxigênio	20,97	20,69	16,00
Vapor d'água	0,00	1,25	5,00
Dióxido de carbono	0,03	0,06	4,00

Um adulto, mesmo executando trabalhos pesados ,respira até cerca de 40 litros de ar por minuto, consumindo 02 litros de oxigênio e exalando 1,7 litro de Dióxido de carbono, aproximadamente.

### **Necessidades humanas de ventilação**

A ventilação de residências, espaços comerciais e escritórios é necessária para controlar odores corporais, fumaça de cigarro, odores de cozinha e outras impurezas odoríficas, e não para manter a quantidade necessária de oxigênio ou remover o Dióxido de carbono produzido pela respiração. Isso é verdadeiro, pois a construção padrão de edifícios para ocupação humana não pode prevenir a infiltração ou a saída de quantidades de ar, mesmo quando todas as janelas, portas e aberturas no forro estiverem fechadas. Dados publicados sobre as quantidades de ar, normalmente disponíveis pela ventilação natural ou infiltração, indicam que a sufocação por deficiência de oxigênio ou excesso de gás carbônico, como resultantes da respiração humana, é potencialmente impossível em construções não subterrâneas

### **Classificação dos sistemas de ventilação**

Para a classificação dos sistemas de ventilação, é preciso levar em conta a finalidade a que se destinam. Dessa forma, os objetivos da ventilação são:

#### **a) Ventilação para manutenção do conforto térmico**

- Restabelecer as condições atmosféricas num ambiente alterado pela presença do homem.
- Refrigerar o ambiente no verão. Aquecer o ambiente no inverno.

#### **b) Ventilação para manutenção da saúde e segurança do homem**

- Reduzir concentrações no ar de gases vapores, Aerodispersóides em geral, nocivos ao homem, até que baixe a níveis compatíveis com a saúde.
- Manter concentrações de gases, vapores e poeiras inflamáveis ou explosivos fora das faixas de inflamabilidade ou de explosividade.

#### **c) Ventilação para conservação de materiais e equipamentos (por imposição tecnológica)**

- Reduzir aquecimento de motores elétricos, máquinas, etc.
- Isolar cabines elétricas, não permitindo entrada de vapores, gases ou poeiras inflamáveis, com a finalidade de se evitar explosão, por meio de faíscas elétricas.

Manter produtos industriais em armazéns ventilados, com o fim de se evitar deterioração.

### **Tipos de ventilação**

Os tipos de ventilação, empregados para qualquer finalidade, são assim classificados:

- a) Ventilação natural.
- b) Ventilação geral
- c) Ventilação geral para conforto térmico.

- d) Ventilação geral diluidora
- e) Ventilação local exaustora (Sistema)

### **Ar condicionado**

Evidentemente, o ar pode ser condicionado artificialmente. Segundo definição da American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers (ASHRAE), "ar condicionado é o processo de tratamento do ar de modo a controlar simultaneamente a temperatura, a umidade, a pureza e a distribuição, para atender as necessidades do recinto condicionado", ocupado ou não pelo homem.

As aplicações do ar condicionado são inúmeras, podendo ser citadas, entre outras, as seguintes:

- a) Processos de fabricação de certos produtos que devem ser feitos em recintos com umidade, temperatura e pureza controladas; por exemplo, fabricação de produtos farmacêuticos, alimentícios, impressão de cores, indústrias têxteis, de solventes, etc.
- b) Conforto do indivíduo e produtividade.
- c) Hospitais: salas de operação, salas de recuperação e quartos para tratamento de doentes alérgicos, etc.

### **Ventilação natural**

#### **Considerações gerais**

A ventilação natural é o movimento de ar num ambiente de trabalho, provocado por ventos externos e que pode ser controlado por meio de aberturas, como portas, janelas, etc.

Infiltração é o movimento do ar não controlado, de fora para dentro e de dentro para fora de um ambiente, através de frestas de janelas e portas, de paredes, pisos e forros, e por outras aberturas existentes.

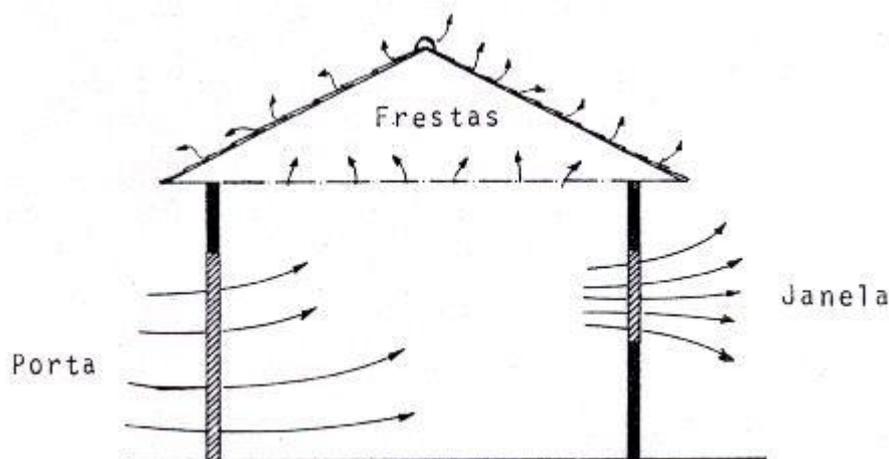
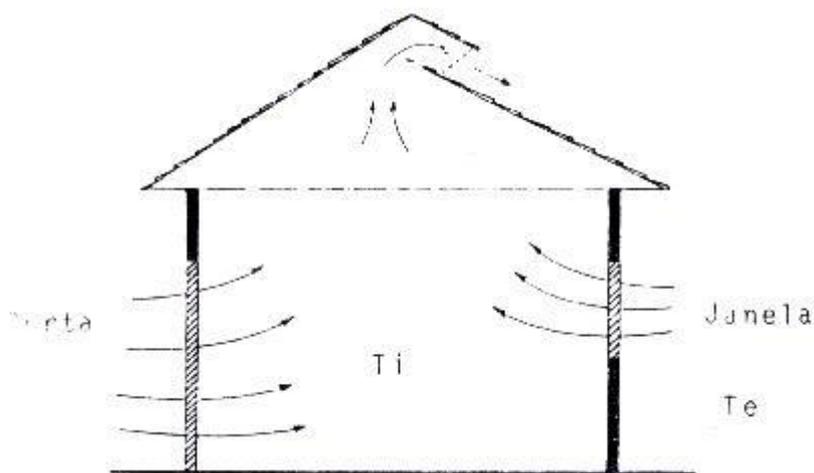


Figura 1. Exemplo de circulação de ar num ambiente.

O fluxo de ar que entra ou sai de um edifício por ventilação natural ou infiltração depende da diferença de pressão entre as partes interna e externa e da resistência ao fluxo fornecido pelas aberturas. A diferença de

pressões exercida sobre o edifício pelo ar pode ser causada pelo vento ou pela diferença de densidade de ar fora e dentro do edifício. O efeito de diferença de densidade, conhecido como "efeito de chaminé", é frequentemente o principal fator. Quando a temperatura no interior de um determinado ambiente é maior que a temperatura externa, produz-se uma pressão interna negativa e um fluxo de ar entra pelas partes inferiores, o que causa uma pressão interna positiva, e um fluxo de ar sai nas partes superiores do edifício (vide Figura 2).



Ti - Temperatura interna,  
Te - Temperatura externa.

Figura 2. Circulação de ar num ambiente quando  $T_i > T_e$ .

As janelas têm a vantagem de iluminar, bem como de ventilar, quando abertas. As partes moveis dessas aberturas permitem até certo ponto o controle da quantidade de ar que esta sendo movimentada; defletores podem ser usados para controlar a distribuição das correntes. As aberturas no telhado são geralmente protegidas por uma cobertura, para impedir a entrada de chuva e reversão do ar que sai. A quantidade de ar que passa através da abertura depende da diferença de temperatura interna e externa.

### Regras gerais

Em resumo, os efeitos da corrente de ar num ambiente dependem: dos seguintes fatores

- movimento devido aos ventos externos;
- movimento devido à diferença de temperatura;
- efeito de aberturas desiguais.

As regras gerais para construção de edifícios são:

- A - Edifícios e equipamentos em geral devem ser projetados para ventilação efetiva, independente das direções de vento.
- B - Aberturas como portas, janelas, etc. não devem ser obstruídas.
- C - Uma quantidade maior de ar por área total abertura é obtida usando-se áreas iguais de aberturas de entrada saída.

### Ventilação geral

### Considerações gerais

A ventilação geral é um dos métodos disponíveis para controle de um ambiente ocupacional. Consiste em movimentar o ar num ambiente através de ventiladores; também chamada ventilação mecânica.

Um ventilador pode insuflar ar num ambiente, tomando ar externo, ou exaurir ar desse mesmo ambiente para o exterior. Quando um ventilador funciona no sentido de exaurir ar de um ambiente e comumente chamado de exaustor.

Num ambiente, a pressão atmosférica comum, a insuflação e a exaustão provocam uma pequena variação da pressão (considerada desprezível). Dessa forma, a insuflação é chamada de pressão positiva e a exaustão de pressão negativa.

A ventilação geral pode ser fornecida pelos seguintes métodos:

- insuflação mecânica e exaustão natural;
- insuflação natural e exaustão mecânica;
- insuflação e exaustão mecânica.

A insuflação mecânica, ventilando ar externo num ambiente, nem sempre é recomendável, uma vez que o ar externo pode estar contaminado de impurezas, ou ainda, com temperatura e umidade relativa inadequadas.

### **Definições:**

#### **Vazão: Q**

É um volume de ar que se deslocou num ambiente ou numa tubulação na unidade de tempo, sendo **v** o volume medido em:

$$Q = \frac{V}{T}$$

Sendo **V** o volume medido em m<sup>3</sup> (metros cúbicos) ou Ft<sup>3</sup> ( pés cúbicos) e o **T** o tempo medido em: **h** (hora) ou min. (minutos)

Dessa forma, a vazão de ar será medida nas unidades: m<sup>3</sup>/h (metros cúbicos por hora) ou Ft<sup>3</sup>/min (pés cúbicos por hora), também escrita sob a forma CFM (cubic feet per minute).

#### **Velocidade: v**

É a distancia percorrida por um ponto material na unidade de tempo.

$$V = \frac{d}{t}$$

sendo **d** a distância medida em: **m** (metros) ou **Ft** ( pés ), e **t** o tempo medido em: **s** (segundos) ou **min** (minutos).

Dessa forma, as unidades de velocidade de ar será: n/s (metros por segundo) ou Ft/min o ( pés por minuto) também escrita sob a forma FPN (feet per minute)

#### **Taxa de renovação de ar: T**

Entende-se por taxa de renovação ou numero de trocas de ar num ambiente o numero de vezes que o volume de ar desse ambiente é trocado na unidade de tempo.

$$T = \frac{Q}{V}$$

sendo **Q** a vazão e **V** o volume.

A relação entre a vazão e o volume resulta em um numero que depende somente do tempo. Por exemplo, quando a vazão é expressa em m/h e o volume em m<sup>3</sup>/h, e o volume em m<sup>3</sup>, resulta um numero **T** expresso por hora.

### **Ventilação geral para conforto térmico**

No campo da ventilação industrial e da não industrial, a ventilação destinada à de conforto térmico é das mais importantes e possui tal extensão que constitui um capítulo especial. Neste tópico serão abordados apenas conceitos básicos sobre o assunto e serão fornecidos alguns dados preliminares para uma iniciação e elaboração de projetos, não se entrando, no entanto, nos aspectos de condicionamento de ar. Em outras palavras, serão fornecidos alguns dados de conforto ambiental, dados para cálculos de trocas (renovação), reposição e recirculação de ar em ambientes, isto é, necessidades de ventilação conforme ambientes ocupados pelo homem, bem como diminuição de fumos e odores por insuflamento de ar.

Temperaturas extremamente baixas não ocorrem com freqüência no Brasil, com exceção de alguns casos esporádicos, em algumas localidades no sul do país. Dessa forma, não nos referiremos, em parte alguma do texto, a aquecimento de ar para promoção de conforto térmico, uma vez que a simples utilização da vestimenta adequada soluciona os problemas usualmente encontrados.

### **Calor e conforto térmico**

Aspectos gerais: o homem é um ser tropical por excelência, possuindo uma capacidade bastante desenvolvida de: transpiração. Um grande numero de indivíduos está, parte do tempo, exposto a temperatura, mais altas que a temperatura ambiente principalmente em seu ambiente ocupacional, onde uma serie de fatores climáticos e não climáticos conduzem a um ganho ou a uma menor dissipação de calor pelo organismo. A esse tipo de estímulo o organismo responde fisiologicamente, refletindo a severidade da exposição ao calor, para cujo equacionamento completo e adequado é necessário medir quantitativamente a ação do calor, bem como a resposta do organismo,

correlacionando-as; essa é uma tarefa difícil em função de vários para metros intervenientes, tais como temperatura do ar, umidade relativa, calor radiante, velocidade do ar, tipo de trabalho exercido, aclimação, roupa utilizada e outros.

Dessa forma, torna-se necessária a fixação de critérios que permitem estabelecer os limites de exposição ao calor em diferentes tipos de trabalho e a redução da exposição para respostas excessivas do organismo. Os critérios assim desenvolvidos devem levar em conta não só a resposta fisiológica, mas também a psicológica, a produtividade e a ocorrência de desordens devido ao calor.

### **Renovação do ar ambiente**

Requisitos de ventilação: varias medidas podem ser tomadas para se evitar a exposição de pessoas a condições de alta temperatura. Por exemplo, enclausuramento e isolamento de fontes quentes, vestimentas, barreiras protetoras, diminuição do tempo de exposição, etc.

Na tabela a seguir são indicadas as relações de espaço ocupado e vazões necessárias para varias situações:

Tabela 2. Critérios sugeridos para projetos gerais de ventilação de ambientes (ASHRAE - American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineering, Guide an Data Book).

**Área Funcional**

**Taxa de  
Renovação Ft<sup>3</sup>/min**

	(Troca por hora)	por pessoa
Hospitais (sala de anestesia)	8-12	-
Salas de animais	12-16	-
Auditórios	10-20	10
Hospitais (salas de autópsia)	8-12	10
Padaria e confeitaria	20-60	-
Boliches	15-30	30
Igrejas	15-25	5
Hospitais (salas de citoscopia)	8-10	20
Salas de aula	10-30	40
Salas de conferencia	25-35	-
Corredores	3-10	-
Hospitais (salas)	8-12	-
Leiterias	2-15	-
Lavagem de pratos	30-60	-
Lavagem a seco	20-40	-
Fundações	5-20	-
Ginásios	5-30	1,5 por pé quadrado
Garagens	6-10	-
Hospitais(salas hidroterapia)	6-10	-
Hospitais (salas de isolamento)	8-12	-
Cozinhas	10-30	-
Lavanderias	10-60	-
Bibliotecas	15-25	10
Bibliotecas	15-25	10
Salas de deposito	2-15	-
Pequenas oficinas	8-12	-
Hospitais (suprimentos)	6-10	-
Berçários	10-15	-
Escritórios	6-20	10
Hospitais (salas de operação)	10-15	-
10-22	-	-
Radiologia	6-10	-
Restaurantes	6-20	10
Lojas	18-22	10
Residências	5-20	-
Equipamentos telefônicos	6-10	-
Salas de controle de tráfego aéreo	10-22	10
Toaletes	8-20	-
Soldas a arco voltaico	18-22	-

Nesta tabela foi prevista a remoção de odores corporais, nível de atividade do indivíduo, bem como remoção de calor.

### Recomendações gerais

- As trocas de ar de até oito vezes por hora são suficientes para remover contaminantes emitidos por ocupantes. O limite superior da faixa é recomendado para remover calor e vapor em zonas temperadas. Em climas quentes, sugere-se o dobro dos valores da tabela.
- Se ocorrer o uso do fumo, deve-se usar o dobro do valor da tabela (G. Woods, Pratical Guide to Fao Engineering)
- Não se prevê uso de equipamento de limpeza de ar. O espaço não deve ser inferior a 150 Ft<sup>3</sup>/pessoa ou 15 Ft<sup>2</sup>/pessoa
- O limite inferior é o mínimo e o limite superior é o recomendado (mesma referência).

### Ventilação Geral Diluidora

A ventilação geral diluídora é o método de insuflar ar em um ambiente ocupacional, de exaurir ar desse ambiente, ou ambos, a fim de promover uma redução na concentração de poluentes nocivos. Essa redução ocorre pelo fato de que, ao introduzirmos ar limpo ou não poluído em um ambiente contendo certa massa de determinado poluente, faremos com que essa massa seja dispersada ou diluída em um volume maior de ar, reduzindo, portanto, a concentração desses poluentes. A primeira observação a ser feita é a de que esse método de ventilação não impede a emissão dos poluentes para o ambiente de trabalho, mas simplesmente os dilui.

A alternativa a este tipo de ventilação é a ventilação local exaustora (será vista no próximo capítulo) que capta os poluentes junto à fonte de emissão antes que sejam emitidos ao ambiente ocupacional. Este ultimo método e sempre preferível à ventilação geral diluídora, especialmente quando o objetivo do sistema de ventilação é a proteção da saúde do trabalhador.

### Os objetivos de um sistema de ventilação geral diluídora podem ser:

- **Proteção da saúde do trabalhador:** reduzindo a concentração de poluentes nocivos abaixo de um certo limite de tolerância.
- **Segurança do trabalhador:** reduzindo a concentração de poluentes explosivos ou inflamáveis abaixo dos limites de explosividade e inflamabilidade.
- **Conforto e eficiência do trabalhador:** pela manutenção da temperatura e umidade do ar do ambiente.
- **Proteção de materiais ou equipamentos:** mantendo condições atmosféricas adequadas (impostas por motivos tecnológicos).

Em casos que não é possível ou não é viável a utilização de ventilação local exaustora, a ventilação geral diluídora pode ser usada.

### Utilização da ventilação geral diluídora

A aplicação, com sucesso, da ventilação geral diluídora depende das seguintes condições

- poluente gerado não deve estar presente em quantidade que excede à que pode ser diluída com um adequado volume de ar.

- A distancia entre os trabalhadores e o ponto de geração do poluente deve ser suficiente para assegurar que os trabalhadores não estarão expostos a concentrações médias superiores ao VLT (Valor do Limite de Tolerância)
- A toxicidade do poluente deve ser baixa (deve ter alto VLT, Isto é,  $VLT > 500$  ppm)
- poluente deve ser gerado em quantidade razoavelmente uniforme.

A ventilação geral diluidora, além de não interferir com as operações e processos industriais, é mais vantajosa que a ventilação local exaustora, nos locais de trabalho sujeitos a modificações constantes e quando as fontes geradoras de poluentes se encontrarem distribuídas no local de trabalho, mas, pode não ser vantajosa, pelo elevado custo de operação, sobretudo quando há necessidade de aquecimento do ar, nos meses de inverno; contudo, seu custo de instalação é relativamente baixo quando comparado com o da ventilação local exaustora. É conveniente a instalação de sistemas de ventilação geral diluidora quando há interesse na movimentação de grandes volumes de ar na estação quente.

Diversas razões levam a não utilização freqüente da ventilação geral diluidora para poeiras e fumos. A quantidade de material gerado é usualmente muito grande, e sua dissipação pelo ambiente é desaconselhável. Além disso, o material pode ser muito tóxico, requerendo, portanto, uma excessiva quantidade de ar de diluição.

O princípio usado para ventilação de diluição de contaminantes, com relação a aberturas e colocação de exaustores, é sugerido pela (American Conference of Governmental Hygienists), comparando todas as formas possíveis (Figura 4).

#### **NORMA ACGIH - PRINCÍPIOS DE VENTILAÇÃO DILUIDORA**

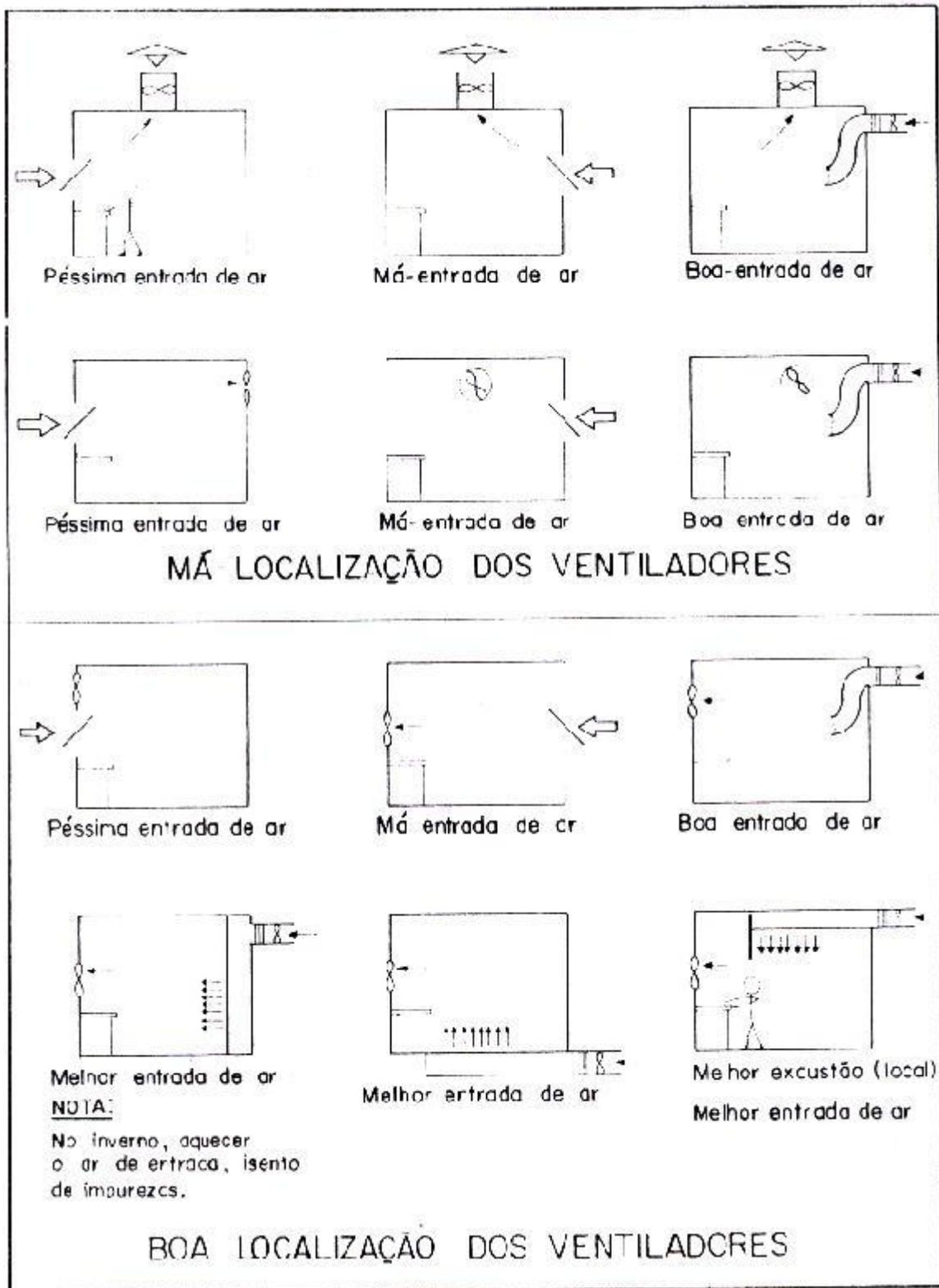


Figura 4. Princípios de ventilação Diluidora - ACHH.

**Ventilação Local Exaustora**

A ventilação local exaustora tem como objetivo principal captar os poluentes de uma fonte (gases, vapores ou poeiras tóxicas) antes que os mesmos se dispersem no ar do ambiente de trabalho, ou seja, antes que atinjam a zona de respiração do trabalhador. A ventilação de operações, processos e equipamentos, dos quais emanam poluentes para o ambiente, é uma importante medida de controle de riscos.

De forma indireta, a ventilação local exaustora também influi no bem-estar, na eficiência e na segurança do trabalhador, por exemplo, retirando do ambiente uma parcela do calor liberado por fontes quentes que eventualmente existam. Também no que se refere ao controle da poluição do ar da comunidade, a ventilação local exaustora tem papel importante. A fim de que os poluentes emitidos por uma fonte possam ser tratados em um equipamento de controle de poluentes (filtros, lavadoras, etc.), eles tem de ser captados e conduzidos a esses equipamentos, e isso, em grande número de casos, é realizado por esse sistema de ventilação.

Basicamente, um esquema de instalação de um sistema de ventilação local exaustora é o seguinte.

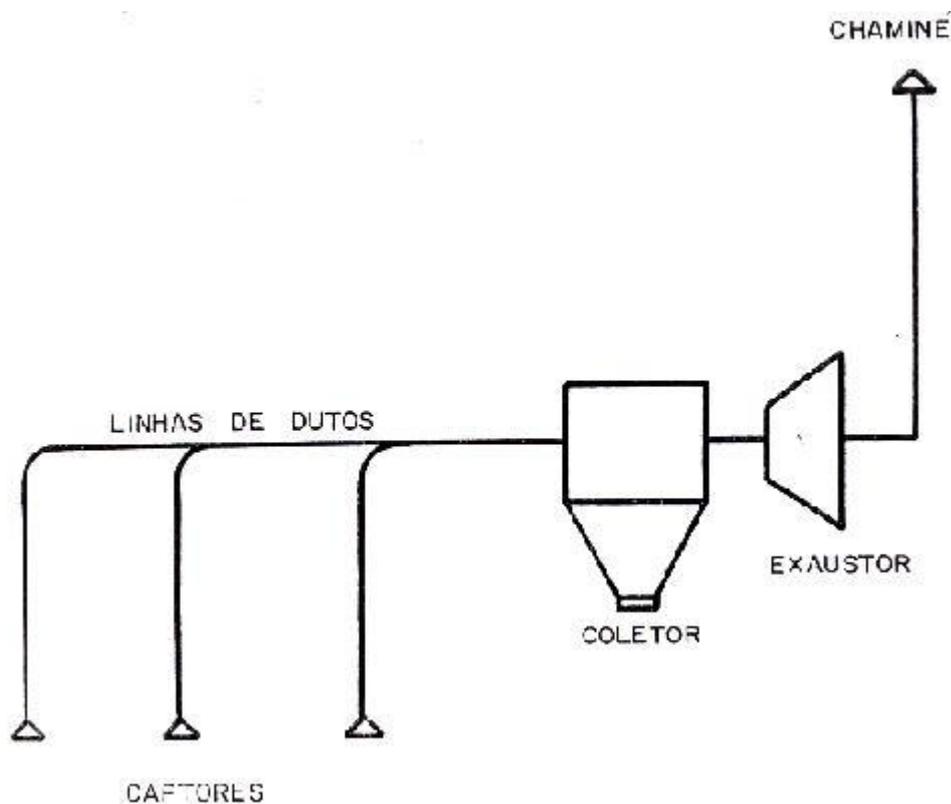


Figura 5. Esquema de um sistema de ventilação local exaustora.

### Princípios de exaustão

Um sistema de ventilação local exaustora deve ser projetado dentro dos princípios de engenharia, ou seja, de maneira a se obter maior eficiência com o menor custo possível. Por outro lado devemos lembrar sempre que, na maioria dos casos, o objetivo desse sistema é a proteção da saúde do homem; assim, este fator deve ser considerado em primeiro lugar, e todos os demais devem estar condicionados a ele.

Muitas vezes, a instalação de um sistema de ventilação local exaustora, embora bem dimensionada, pode apresentar falhas que a tornem inoperante, pela não observância de regras básicas na captação de poluentes na fonte.

O enclausuramento de operações ou processos, a direção do fluxo de ar, entre outros fatores, são condições básicas para uma boa captação e exaustão dos poluentes.

Como exemplo, a Figura 6, a seguir, ilustra a maneira correta de se proceder, comparada com as situações que tornam a exaustão inoperante, nos casos específicos de descarregamento de correias transportadoras e tanques de lavagem.

A ACGIH possui padrões de exaustão da maioria dos processos e operações industriais, com forma e dimensões normalizadas.

## **ACGIH- PRINCIPIOS DE EXAUSTÃO**

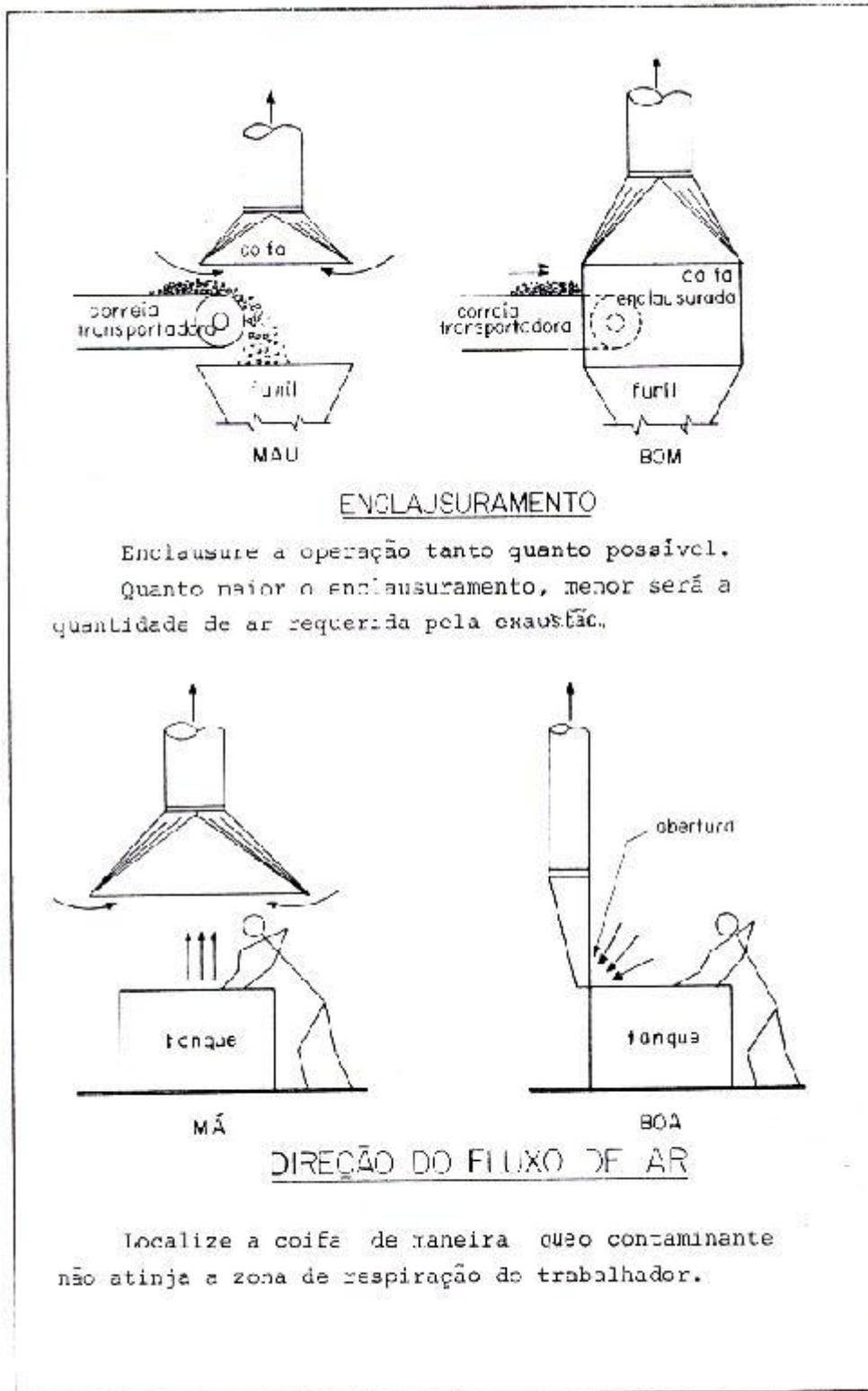


Figura 6. Princípios de exaustão - ACGIH.

**Captadores (Coifas)**

São pontos de captura de poluentes, que, dimensionados convenientemente para uma fonte poluidora, irão enclausurar parte da fonte e, com um mínimo de energia, consegue-se a entrada destes poluentes para o sistema de exaustão.

Esses captures devem induzir, na zona de emissão de poluentes, correntes de ar em velocidades tais que assegurem que os poluentes sejam carregados pelas mesmas para dentro do captor.

Em casos especiais, formas de captores devem ser desenhadas. Usualmente as dimensões do processo ou operação determinam as dimensões do captor e sua forma.

Vários tipos de captores são utilizados nas mais diversas aplicações industriais (vide Figura 7).

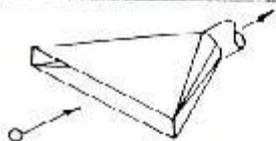
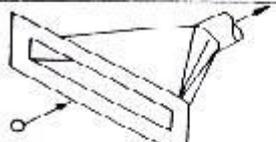
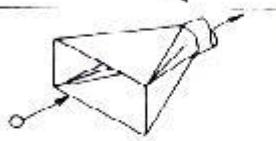
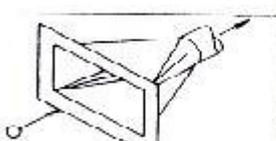
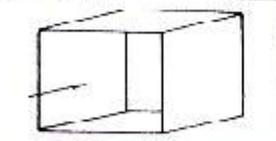
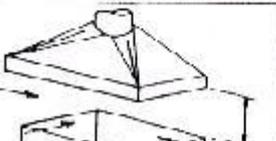
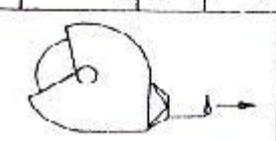
Tipos de captor	Descrição
	Fenda
	Fenda flangeada
	Abertura
	Abertura flangeada
	Cabine
	Coifa
	Enclausurante

Figura 7. Tipos de captores (coifas)

A Figura 8, a seguir, mostra em detalhes um captor enclausurante para trabalhos com esmeris.

Para este caso, a ACGIH estabelece condições básicas, tais como dimensões em relação ao disco e vazões de ar mínimas, sendo considerado péssimo o enclausuramento quando a área do disco exposta exceder a 25%.

Evidentemente, estes valores são obtidos a partir de dados experimentais e após testes comparativos com inúmeros materiais de ensaio.

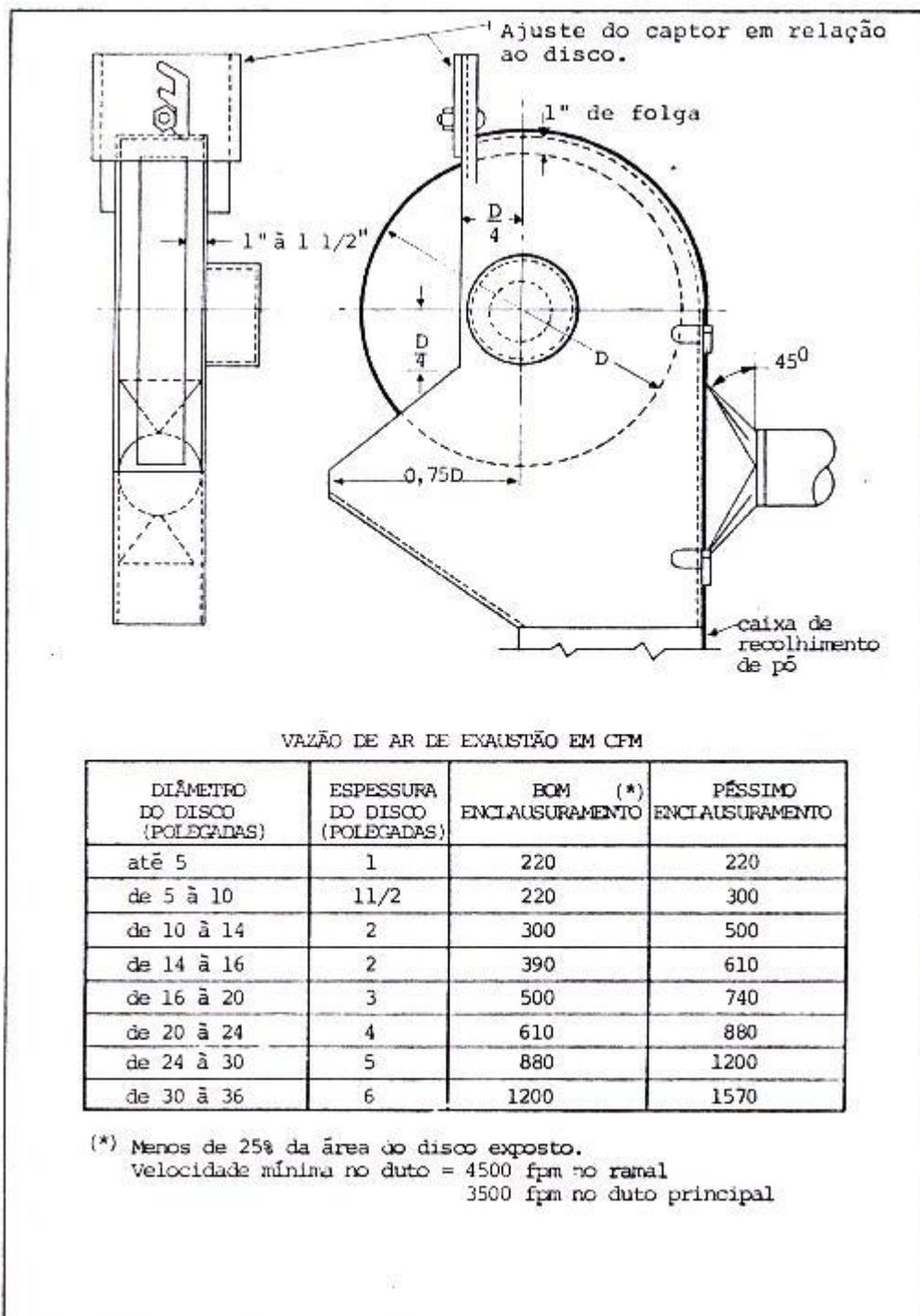


Figura 8 - Norma para captor de disco de esmeril.

#### Sistema de dutos (dimensionamento)

Uma linha de dutos deverá ser instalada de acordo com o layout geral da fábrica, interligando captosres ( coifas) ao sistema de coleta. Esta linha deverá ser do menor comprimento possível,

a fim de minimizar a perda de carga, consumindo dessa forma menos energia. Isto significa que o sistema de coleta constituído por um exaustor-coletor deverá ser instalado o mais próximo possível dos pontos de captação ( coifas ou captosres).

Para o dimensionamento de dutos e captosres, bem como das singularidades ao longo deles, o projetista deverá levar em consideração as vazões necessárias para cada captor, velocidade de transporte recomendada para o trecho principal dos dutos e as devidas perdas de carga, a fim de determinar a potência do motor e ventilador, bem como das secções dos dutos.

Para tanto, a American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) e demais literaturas a respeito possuem toda a informação necessária para o cálculo das perdas de carga, expressas em milímetros ou polegadas de coluna de água. Por conveniência, podem ser adotados:

- tubos: secção circular;
- cotovelos: 90°
- conexões : 30°
- raios de curvatura:  $r = 2d$  (duas vezes o diâmetro do duto).

É desaconselhavel o uso de tubos de secção retangular para sistemas de exaustão, por apresentarem cantos vivo, que facilitam a deposição de poeira, e que exigem, portanto, motor de maior potência para manter a eficiência necessária; Alan disso, haverá um maior desgaste dos dutos, implicando em freqüentes manutenções. É interessante a adoção de valores fixos (por exemplo, raio de curvatura  $r = 2d$ ), o que significa que todas as curvaturas serão semelhantes, dando um aspecto arquitetônico a instalação, mesmo com pequeno acréscimo de perda de carga.

A Figura 9, a seguir, mostra uma instalação dutos interligados a um coletor e um exaustor.

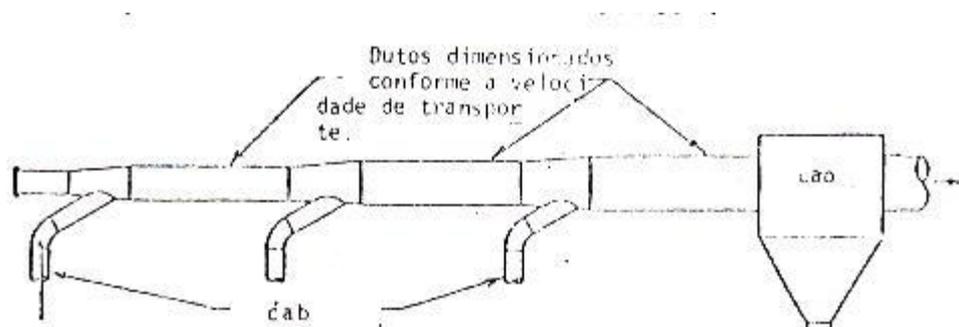


Figura 9 - sistema de dutos.

### **Ventiladores**

São os responsáveis pelo fornecimento de energia ao ar, com a finalidade de movimenta-lo, quer seja em ambientes quer seja em sistema de dutos.

A função básica de um ventilador é, pois, mover uma dada quantidade de ar por um sistema de ventilação a ele conectado.

Assim o ventilador deve gerar uma pressão estática suficiente para vencer as perdas do sistema e uma pressão cinética para manter o ar em movimento.

Basicamente, há dois tipos de ventiladores: os axiais e os centrífugos, conforme a Figura 10.

A) - Axial

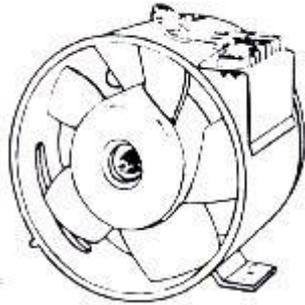


Figura 10a

- **Tipo de ventilador axial.**

O ventilador de hélice (Figura 10a) consiste em uma hélice montada numa armação de controle de fluxo, com o motor apoiado por suportes normalmente presos à estrutura dessa armação. O ventilador é projetado para movimentar o ar de um espaço fechado a outro a pressões estáticas relativamente baixas. O tipo de armação e posição da hélice tem influência decisiva no desempenho do ar e eficiência do próprio ventilador.

b) Centrífugo

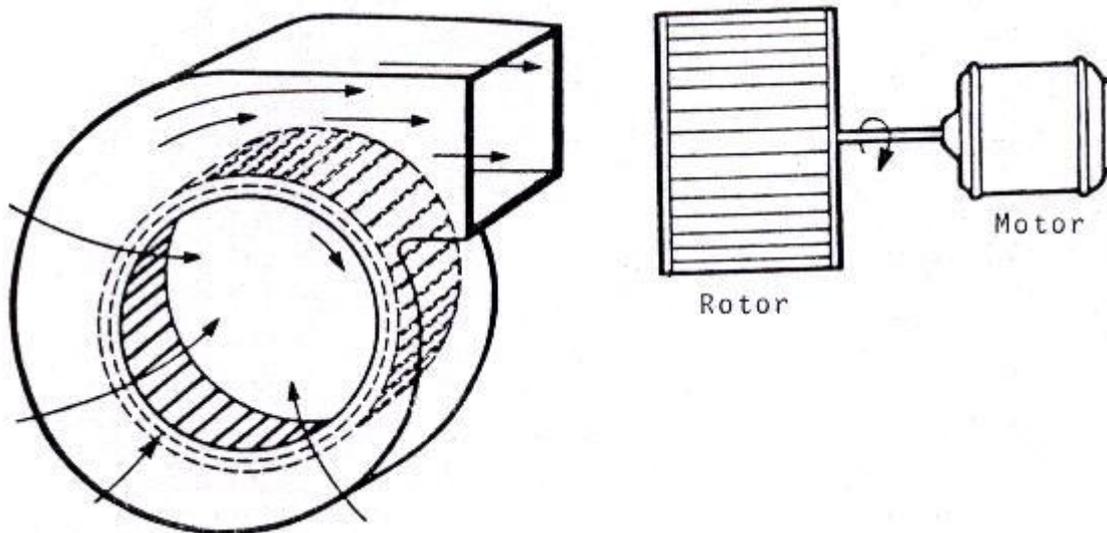


Figura 10b - tipo de ventilador centrífugo.

b) Ventiladores centrífugos

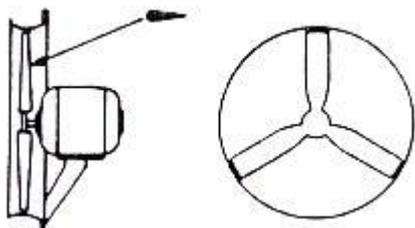
Um ventilador centrífugo (Figura 10b) consiste em um rotor, uma carcaça de conversão de pressão e um motor. O ar entra no centro do rotor em movimento na entrada, e acelerado pelas palhetas é impulsionado da periferia do rotor para fora da abertura de descarga.

**Vantagens e desvantagens**

Os tipos principais de ventiladores Axiais e Centrífugos são os da Figura 11

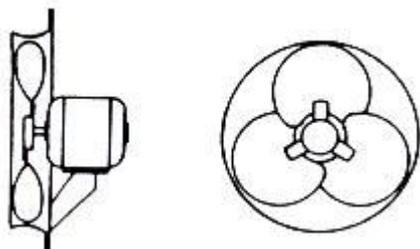
As principais vantagens essenciais de cada tipo são dadas a seguir.

a) - **Axial propulsor**. É tipo mais barato para mover grandes volumes de ar a baixas pressões, sendo freqüentemente utilizado para circulação de ar ambiente. Figura abaixo.



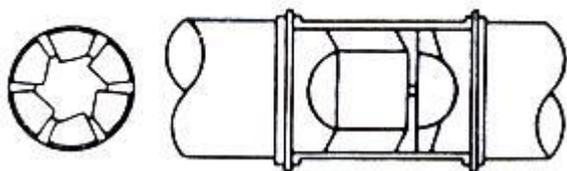
**figura 11a - Axial Propulsor**

b) **Axial comum** - Possui ampla calota central, que possibilita sua utilização a pressões mais elevadas. É freqüentemente usado em ventilação de minas subterrâneas e, em algumas ocasiões, em indústrias. Nesse tipo de ventilador, a forma das pás é muito importante, e eles não devem ser usados onde haja risco de erosão e corrosão.



**Figura 11b - Axial Comum**

c) **Tubo-axial** - Trata-se de um propulsor, com pás mais grossas mais largas, colocado dentro de um tubo, o que permite direta conexão como dutos.



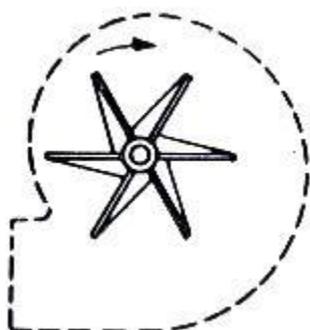
**Figura 11c - Tubo axial**

d) **Centrífugo, pás para trás** - Possui duas importantes vantagens: 1ª - apresenta maior eficiência e auto-limitação de potência. Isso significa que, se o ventilador está sendo usado em sua máxima potência, o motor não será sobrecarregado por mudanças de sistema de dutos. É um ventilador de alta eficiência e silencioso, se trabalhar num ponto adequado.



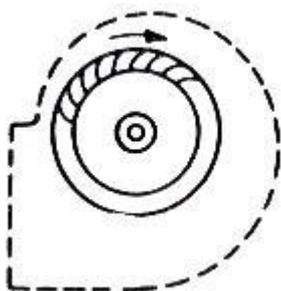
**Figura 11d - Centrífugo com pás para trás**

e) **Centrífugo, pás radiais** - Um ventilador robusto, para movimentar efluentes com grande carga de poeira, poeiras pegajosas e corrosivas. Apresenta menores possibilidades de "afogar", sendo usado para trabalhos mais pesados. A eficiência desse tipo de ventilador é baixa, e seu funcionamento, barulhento.



**Figura 11e - Centrífugo com pás radiais.**

f) **Centrífugo, pás para frente** - Mais eficiente, tem maior capacidade exaustora a baixas velocidades, e não é adequado para trabalhos de alta pressão nem para altas cargas de poeira, apresentando problemas freqüentes de corrosão, se mal utilizado.



**Figura 11f - Centrífugo com pás para frente**

### **Leis dos ventiladores**

Já vimos que a vazão varia com a rotação, que a pressão desenvolvida varia com o quadrado da rotação e que a potência varia com o cubo da rotação. Essas relações, acrescidas das que mostram a variação da vazão, da pressão e da potência, com a densidade do fluido e o tamanho do ventilador, constituem as chamadas leis dos ventiladores.

Usaremos a seguinte nomenclatura:

D = diâmetro de ventilador (pés);  
 Q = vazão exaurida (pés /min) pressão estática (pol. de H<sub>2</sub>O);  
 SP = rotações por minuto;  
 HP = potência transferida ao fluido (em horse power);  
 ω = capacidade do ventilador (lb./min);  
 ρ = densidade do fluido gasoso (lb./pe<sup>3</sup>);  
 η = eficiência mecânica do ventilador.

**As leis dos ventiladores podem ser expressas conforme segue.**

a. Para um dado ventilador exaurindo um gás de densidade constante,

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{\text{rpm}_1}{\text{rpm}_2}$$

$$\frac{SP_1}{SP_2} = \frac{(\text{rpm}_1)}{(\text{rpm}_2)}$$

$$\frac{HP_1}{HP_2} = \frac{(\text{rpm}_1)^3}{(\text{rpm}_2)^3}$$

b ) Para um dado ventilador a rotação constante;

**Q = constante,**

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{P_1}{P_2}$$

$$\frac{SP_1}{SP_2} = \frac{P_1}{P_2}$$

$$\frac{HP_1}{HP_2} = \frac{P_1}{P_2}$$

C) A variação com o tamanho de d é:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \left\{ \frac{d_1}{d_2} \right\}^3$$

$$\frac{SP_1}{SP_2} = \left\{ \frac{d_1}{d_2} \right\}^2$$

$$\frac{HP_1}{HP_2} = \left\{ \frac{d_1}{d_2} \right\}^3$$

A variação da vazão com a rotação faz com que muitos se proponham a aumentá-la com o objetivo de conseguir maiores vazões. Vale pois, lembrar o aumento da potência com o cubo da rotação, fazendo com que o motor originalmente utilizado nem sempre suporte esse aumento, havendo risco de que seja danificado. Cuidados de ordem estrutural do ventilador também devem ser tomados.

### Curva característica

A eficiência pode ser computada e plotada pelo uso da seguinte relação:

---

$$N = \frac{Q \times SP}{6356 \times HP}$$

Cada curva é correspondente a um tamanho, a uma rotação e a uma densidade. Se houver mudança em um desses parâmetros, a curva mudará, de acordo com a lei dos ventiladores. A forma da curva depende, em parte, do tipo de ventilador.

### **Dados necessários para a seleção correta de um ventilador**

- Capacidade ou Vazão?
- Pressão Estática ou Total?
- Potência Absorvida?
- O ventilador será centrífugo ou axial?
- Pode ser silencioso, de médio ou alto ruído?
- Vai aspirar ar limpo, sujo, com pós, fiapos ou corrosivos?
- Sendo corrosivo, quais são os agentes?
- Qual a temperatura do ar aspirado?
- Qual o diâmetro da peça onde vai ser ligado o ventilador, se for o caso?
  
- Trata-se de instalação de ventilação para fins de conforto ou para fins de aspiração de poeiras, ou troca de calor, ou de ar condicionado, civil ou industrial, ou torres de arrefecimento de água, ou de cabine de pintura?
  
- Não sabendo a capacidade, indicar o volume do ambiente, o numero de pessoas presentes, a potência instalada, os Kg/Hora de óleo queimado, etc.
  
- No caso de o ventilador ser centrífugo, indicar a posição da boca de saída, olhando do lado do motor ou da polia.
  
- Qual é o diâmetro e o comprimento dos dutos onde vai ser ligado o ventilador?
- Quantas curvas tem esse duto?
- Esse duto termina na atmosfera ou dentro de uma máquina? Como se chama essa máquina?
- Se vai aspirar de uma coifa ou captor, quais as suas dimensões?
- No caso de substituição de ventilador existente, indicar:

Motor = Potência.....HP; RPM . . . ; Volts.....

Transmissão direta ou por polia? . . . . ; Material de que é feito.....