

FICHAS TÉCNICAS



VENTILAÇÃO

A VENTILAÇÃO

1. Funções da ventilação
2. Ventilação geral
3. Ventilação localizada

1. Funções da ventilação

Podemos definir a ventilação como aquela técnica que permite substituir o ar ambiente interior de um local, considerado inconveniente pela sua falta de pureza, temperatura inadequada ou humidade excessiva, por outro exterior de melhores características.

Aos seres vivos, às pessoas principalmente, a ventilação fornece funções vitais como a provisão de oxigénio para a sua respiração e o controlo do calor que produzem, ao mesmo tempo que lhes proporciona condições de conforto afectando à temperatura do ar, à sua humidade, à velocidade do mesmo e à diluição de cheiros indesejáveis.

A ventilação permite às máquinas, instalações e processos industriais controlar o calor, a toxicidade ou a potencial explosividade do seu ambiente.

1.1 Tipos de ventilação

1.1.a Ventilação por Sobrepressão

Obtemo-la insuflando ar a um local, colocando-o em sobrepressão interior em relação à pressão atmosférica. O ar flui então para o exterior pelas aberturas dispostas para tal fim. Fig. 1. Na sua passagem o ar limpa os poluentes interiores e deixa o local cheio do ar puro exterior.



Fig. 1. Ventilação por sobrepressão

1.1.b Ventilação por Depressão

Obtemo-la colocando o ventilador extraíndo o ar do local, o que provoca que este fique em depressão em relação à pressão atmosférica. O ar penetra desde fora pela abertura adequada, efectuando uma ventilação de iguais efeitos que a anterior.



Fig. 2. Ventilação por depressão

1.1.c Ventilação Ambiental ou Geral

O ar que entra no local espalha-se por todo o espaço interior antes de alcançar a saída. É o caso das Figs. 1 a 3. Este tipo de ventilação tem o inconveniente de que, caso exista um foco poluente concreto, como é o caso de tanques industriais com desprendimentos de gases e vapores incómodos ou tóxicos, o ar de uma ventilação geral pulveriza o poluente por todo o local antes de ser captado para a saída.

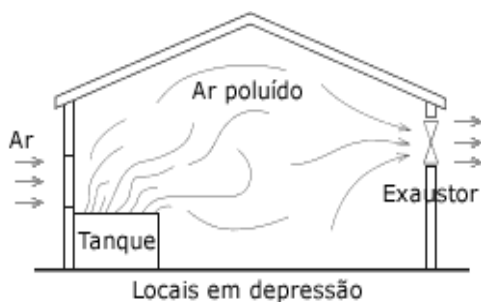


Fig. 3. Ventilação ambiental

1.1.d Ventilação Localizada

Nesta forma de ventilação o ar poluído é captado no mesmo local em que se produz evitando a sua difusão por todo o local. Consegue-se a base de uma campânula que abraça o mais estreitamente possível o foco de poluição e que conduza directamente o ar captado ao exterior.

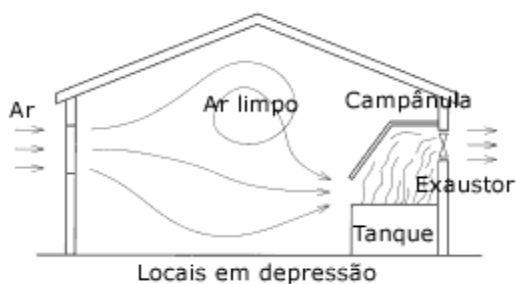


Fig. 4. Ventilação localizada

1.1.e Ventilação Mecânica Controlada

Conhecida pelas suas siglas V.M.C. é um sistema peculiar utilizado para controlar o ambiente de toda uma vivenda, local comercial e inclusive um prédio de apartamentos, permitindo introduzir recursos para a economia de energia. Trataremos este caso de forma monográfica numa Folha Técnica específica.

1.2 Localização do exaustor

Os diversos edifícios reais, com a grande variedade de construções que existem, dificultam o facto de dar normas fixas em relação à disposição dos sistemas de ventilação.

No entanto, damos umas directrizes gerais que deveriam ser seguidas no possível:

- Os ventiladores devem ser localizados diametralmente opostos às entradas de ar, de modo que o fluxo de ventilação atravesse toda a zona poluída.
- Colocar os exaustores perto dos focos de poluição para captar o ar nocivo antes que se difunda pelo local.
- Afastar o exaustor de uma janela aberta ou entrada de ar exterior, para evitar que entre de novo ao ar expulso.

As Figs. 5 a 12 ilustram diversos casos com soluções para obter as recomendações anotadas.

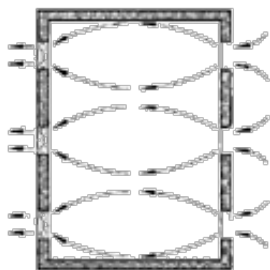


Fig. 5. Disposição lateral. Caso ideal

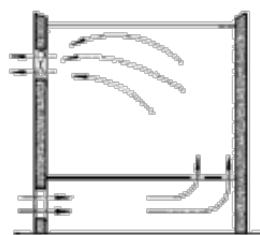


Fig. 6. Uma só face acessível

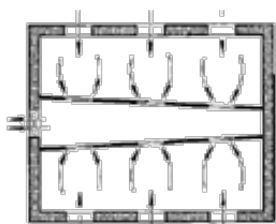


Fig. 7. Três faces acessíveis

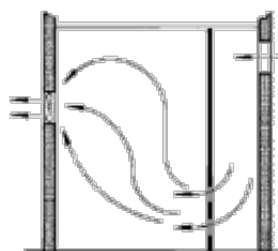


Fig. 8. Conduta ou divisória para alcançar zonas mortas

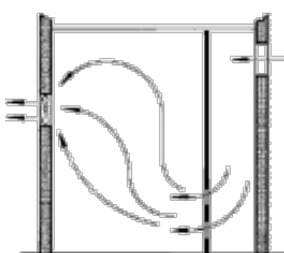


Fig. 9. Extracção por plenum

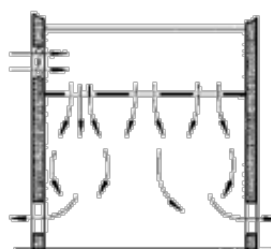


Fig. 10. Insulação por plenum

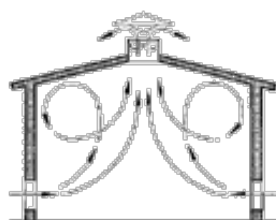


Fig. 11. Extracção pelo tecto

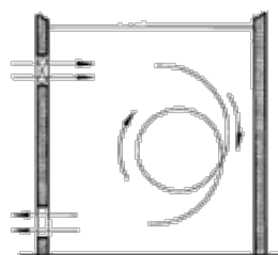


Fig. 12. Insulação. Uma só face acessível

Todas estas disposições supõem que o ar extraído seja desfeito e lançado para o exterior, prática pouco recomendável em caso de ar aquecido em época invernal. Para poder recuperar parte da energia do mesmo é preciso proceder a recirculações que serão descritas na Ventilação V.M.C. acima mencionada.



2. Ventilação geral

Para ventilar um local pelo sistema de Ventilação Geral ou Ambiental o primeiro que deve ser considerado é o tipo de actividade dos ocupantes do mesmo. Um escritório moderno, espaçoso, com baixo índice de ocupação, não é igual a um café, uma sala de festas, uma oficina de confecção ou de pintura.

A razão de ventilar os habitáculos para pessoas é o de proporcionar um ambiente higiénico e confortável aos ocupantes já que estimamos que passam encerrados em locais noventa por cento do seu tempo. É preciso diluir o cheiro corporal, controlar a humidade, o calor, o fumo de tabaco e a poluição que desprendem os móveis, alcatifas, solos e paredes dos edifícios, além das resultantes das eventuais actividades industriais.

Uma forma de proceder é calcular o fluxo de ar necessário em função do número de ocupantes e em razão **a 7,5 litros por segundo e pessoa** para os casos normais nos que não seja significativa a poluição provocada por elementos alheios às pessoas.

Mas se é difícil prever o número de ocupantes e julgamos melhor fazer referência à função do local, podemos recorrer ao cálculo baseado no **número de renovações/hora**, isto é, as vezes que deve renovar-se por hora todo o volume de ar do local. Este número encontra-se em tabelas como a mostrada com o Nº 1.

Para o seu cálculo determinamos primeiro o volume do local, multiplicando o comprimento pela largura e pela altura, se for paralelepípedo, ou decompondo em figuras simples o volume total.

$$\text{Volume } V \text{ (m}^3\text{)} = L \times A \times H \text{ (m)}$$

Escolhemos depois o número N de renovações por hora, conforme a actividade desenvolvida no local e multiplicamos ambos

$$\text{Fluxo } Q \text{ (m}^3\text{/h)} = V \times N$$

Exemplo:

Um restaurante médio cuja sala mede 15 x 5 metros, com uma altura de 3 m, apresenta um volume de:

$$V = 15 \times 5 \times 3 = 225 \text{ m}^3$$

Dado que é permitido fumar escolheremos um numero de renovações horárias de $N = 10$, resultando um fluxo de:

$$Q = 225 \times 10 = 2.250 \text{ m}^3\text{/h}$$

Se o local o permitir, decidiremos a disposição de colocar dois exaustores de 1.200 m³/h cada um numa parede, descarregando directamente ao exterior com duas ou três entradas de ar, baixa, na parede oposta, que fecharemos com persianas de lâminas fixas anti-chuva. Nos exaustores colocaremos persianas de gravidade que se fecham automaticamente quando param os aparelhos, evitando a entrada de ar frio do exterior.



3. Ventilação localizada

Quando for possível identificar claramente o foco de poluição, o sistema mais efectivo e económico é captar localmente a emissão nociva. Exemplo da Fig. 13.



Fig. 13. Exemplo de foco de poluição

Devemos proceder assim :

- Identificar os pontos de produção do poluente.
- Encerrá-lo debaixo de uma campânula.
- Estabelecer uma sucção capaz de captar, arrastar e transladar o ar, que possivelmente estará carregado de partículas.

Assim, os elementos básicos de uma instalação são:

- A Captação.
- A conduta ou canalização.
- O Separador ou filtro.
- O Exaustor de Ar.

a) A Captação

A sua missão é a de poder atrair o ar com os poluentes que contenha para o deslocar ao lugar de descarga.

Os princípios de desenho são:

O fluxo de captação varia aproximadamente com o quadrado da distância, isto é, que se a campânula estiver a uma distância L do foco, necessitando um fluxo Q para o captar, se for afastado a uma distância $2L$ o fluxo necessário será $4Q$.

A Fig. 14 mostra diversos modelos de bocas de captação.

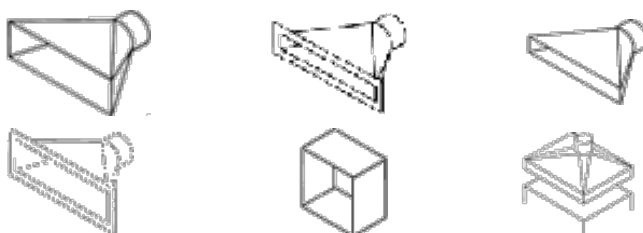


Fig. 14. Bocas de captação

Quando se tratar de gases nocivos, a campânula deve ser colocada de maneira que seja evacuada fora do espaço de respiração dos operários. Fig. 15.

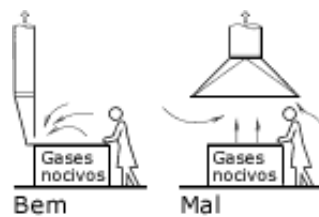


Fig. 15. Exemplo evacuação de gases nocivos

A campânula, ou protecção que envolva uma máquina deve ser desenvolvida para que as partículas a serem captadas incidam dentro da sua boca. Fig. 16.

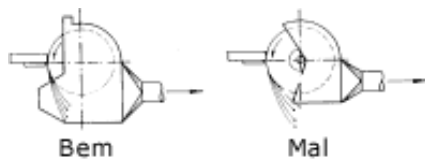


Fig. 16. Desenho campânula

Sempre que for possível, as boquilhas de extracção devem ser com flange, reduzindo assim o fluxo em 25% aproximadamente. É o caso Canto com Flange da Fig. 14.

A Canalização já foi tratada em "Circulação de ar por Condutas", a tecnologia de **Separação de pós e gorduras do ar** será estudada mais adiante e os **Exaustores de Ar, a sua classificação e selecção**, está contida nas suas Folhas respectivas.



FICHAS TÉCNICAS



VENTILAÇÃO

A VENTILAÇÃO CENTRALIZADA

1. Ventilação natural
2. Qualidades da ventilação centralizada
3. Sistemas

Definida já a Ventilação e as suas funções em benefício de pessoas, animais e máquinas ou instalações na **Folha Técnica "A Ventilação"**, falaremos da Ventilação Centralizada conhecida com as suas iniciais V.C., cada vez mais considerada pelos peritos e desenhistas de edifícios no momento de decidir uma ventilação racional dos seus habitats.

Consiste num sistema de ventilação que concentra a extracção num só ponto do edifício que, através de meios mecânicos, exaustor/ventilador, controla o fluxo de ar. Uma rede de condutas e acessórios de aspiração/expulsão/transmissão de ar asseguram uma distribuição uniforme e uma limpeza eficaz dos poluentes.

Convictos de ter que melhorar as condições de habitabilidade das vivendas, e não só as de um nível alto mas também as sociais ou médias, chegamos à necessidade de eliminar das mesmas os maus cheiros, gases, pó, fumos, humidades, etc. arrastando-os para o exterior, ao mesmo tempo que fornecemos um ar de características higiénicas aceitáveis. Mas, aliás, todo compatível com a poupança de energia, não desperdiçando o calor que contenha um ar, embora esteja poluído.

A V.C. permite atender ambas as exigências de forma racional, embora sejam intrinsecamente antagónicas. Controlar os níveis de arejamento dentro dos limites estritamente imprescindíveis, ditados pela higiene e o conforto e ao mesmo tempo, se desejarmos proporcionar médios viáveis para recuperar a energia do ar extraído, antes que seja expulso, constitui a virtude deste sistema.

1. Ventilação Natural

Tratamos aqui este tipo de ventilação como o oposto à ventilação mecânica. Longe de poder controlar nada, podemos qualificar este sistema como de Ventilação Incontrolável, ao extremo de resultar muitas vezes uma ventilação nula principalmente no Verão, em que os ventos são fracos.

Embora sejam observados princípios de desenho em função da altura do edifício, sejam realizadas aberturas diversas, sejam construídas chaminés ou instrumentos nas vivendas, orientando-as para os pontos cardeais eventualmente favoráveis, o resultado depende sempre das temperaturas, interior e exterior e dos ventos, muito mais fortes no Inverno do que no Verão, para conseguir uma circulação do ar. A ventilação está condicionada à conjugação favorável das variantes da meteorologia, muitas vezes nefastas como no caso das inversões térmicas.

Alguns autores especializados em climatização qualificam à ventilação natural como **absolutamente incontrolável** e ao cálculo do fluxo nada confiável. Acabam perguntando-se: Porque não se fala claramente ao falar de ventilação natural e não é estimulado o uso da ventilação mecânica que permite uma recuperação de calor se se desejar?



2. Qualidades da Ventilação Centralizada

Podemos indicar as seguintes:

- a. Independências das variações atmosféricas, dos obstáculos que representam as edificações contíguos e da orientação do bloco.
- b. Poupança no custo da instalação atendendo a sua rentabilidade térmica.
- c. Ventilação permanente com fluxos precisos da ordem desejada.
- d. Expulsão controlada do ar viciado.
- e. Nível de ruído muito baixo.
- f. Sem retornos do ar extraído.
- g. Manutenção baixa. Os equipamentos mecânicos têm pouca potência. Facilidade de montagem e inspecção.
- h. Regulação sob controlo por meio de componentes facilmente adaptáveis.



3. Sistemas

Existem dois sistemas principais de Ventilação Centralizada embora sejam apresentadas às vezes variantes dos mesmos em função da classe de regulação ou de recuperação de energia que adoptarmos.

3.a Extracção Centralizada

Neste sistema, que é principalmente por depressão, embora possa ser desenhado por sobrepressão, o ar é extraído pelas peças húmidas da casa (cozinhas, casas de banho) das quais partem condutas que confluem no ponto onde é montado o exaustor mecânico para lançar ao exterior o ar captado.

O ar entra pelas peças secas, dormitórios, estúdios e quartos, directamente do exterior por meio de aberturas permanentes com regulação manual ou auto-reguláveis. Os desenhos das Fig. 1, 2, 3, etc. mostram em esquema o Sistema de Extracção Centralizada.



Fig. 1. Esquema de Sistema de Extracção Centralizada

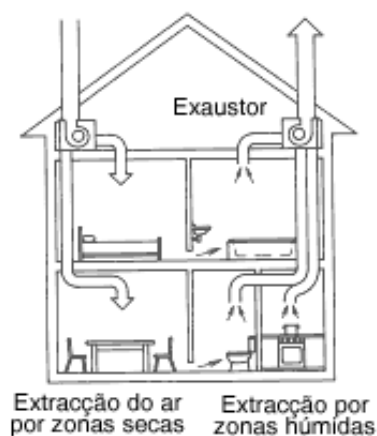


Fig. 2. Esquema de Sistema de Extracção



Fig. 3. Esquema de Sistema de Extracção

O ar de entrada às peças secas da casa deve proporcionar um fluxo em função dos ocupantes e a poluição que se origine. Um cálculo baseado num litro por segundo por metro quadrado da vivenda poderia ser correcto. A velocidade do ar nas aberturas não deveria ultrapassar os 2 m/s e nas zonas ocupadas não superior a 0,25 m/s.

A transferência de ar de uma zona a outra, em direcção às peças húmidas, não deveria suportar perdas de carga de 1 N/m² (0,1 mm ca.) por isso as grelhas ou as fendas das portas deveriam facilitar 20 cm² por cada 10 m³/h de ar transferido.

A porta de entrada à vivenda deveria ser estanque, obrigando a que o ar entre na mesma pelos dormitórios e quartos.

As chaminés ou lareiras com lenhas a arder devem ter uma ventilação independente.

O ar extraído pelo ventilador, soma do proveniente das salas húmidas, casas de banho e cozinhas, deve ser o mesmo que entre pelas peças secas. Aqui calcula-se o extraído de forma permanente da cozinha. Em função da superfície destas peças podemos estimar um fluxo de 4l/s·m².

Mas o ar necessário para a campânula, em cima dos fogões, durante o tempo que durar o cozimento dos alimentos, deve provir de uma entrada exclusiva à cozinha, com um fluxo nunca inferior aos 250 m³/h.

Deste modo deve ser considerado o ar requerido pelos aquecedores de gás, cuja entrada também exclusiva ou calculada somada à que precisa a campânula, deve ser da ordem dos 0,3 m³/h pelo número de kcal/min de potência do aparelho

3.b Ventilação Centralizada Total

O segundo sistema caracteriza-se por centralizar tanto a entrada de ar do exterior como a saída do ar expulso. Um ventilador impulsiona ar fresco através de uma rede de condutas às dependências secas e outro aparelho, exaustor, aspira através de outra rede de condutas o ar viciado das peças húmidas. As Fig. 4 e 5 são esquemas simplificados do sistema.

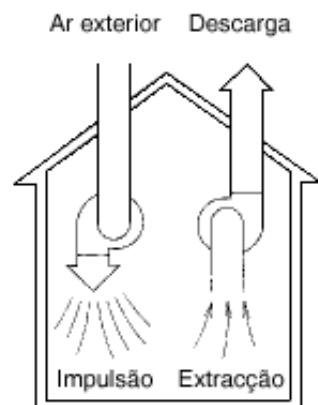


Fig. 4. Esquema simplificado do sistema

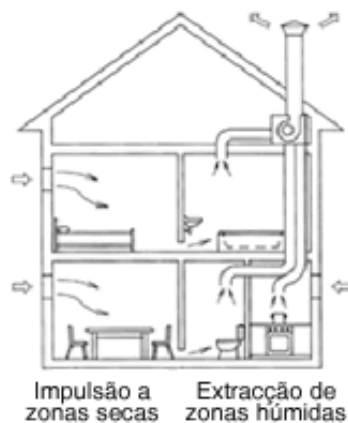


Fig. 5. Esquema simplificado do sistema

Este método permite instalar, se o desejarmos, um recuperador de calor de fluxo cruzado entre placas, como o da Fig. 6, ou de qualquer outro tipo, que intercambia a energia térmica do ar quente viciado extraído com o ar exterior frio impulsionado para dentro. A Fig. 6 mostra também, de forma indicativa, como um ar extraído com 22 °C cede energia até ficar arrefecido a 9 °C ao sair e que o ar impulsionado do exterior, a 0 °C, ganha calor até chegar aos 13 °C. Depois, com uma bateria aquecedora auxiliar, eleva-lhe a temperatura até 21 °C com a que penetra ao interior do edifício.

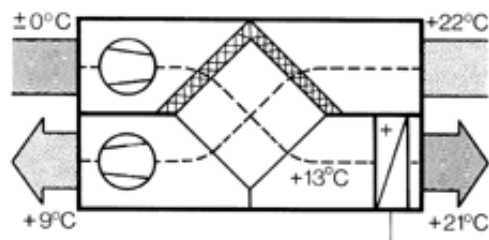


Fig. 6. Bateria de aquecimento

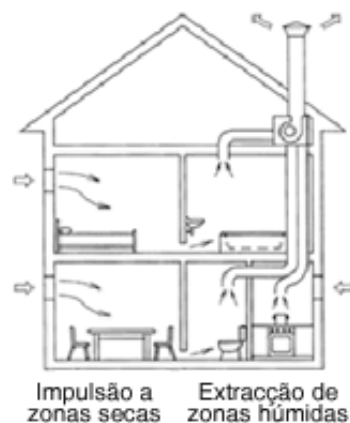


Fig. 5. Esquema simplificado do sistema

A Fig. 7 é a mesma que as Fig. 4 e 5 depois de instalar um permutador de calor como o referido. A Fig. 8 é uma representação esquemática de um edifício equipado com um sistema Ventilação Centralizada Total com recuperador de calor e alguns acessórios como os plenuns, que são caixas de distribuição de fluxos confluentes para o exaustor ou provenientes do grupo de impulsão.



Fig. 7. Igual às Figs. 4 e 5, incluída a instalação de um permutador de calor

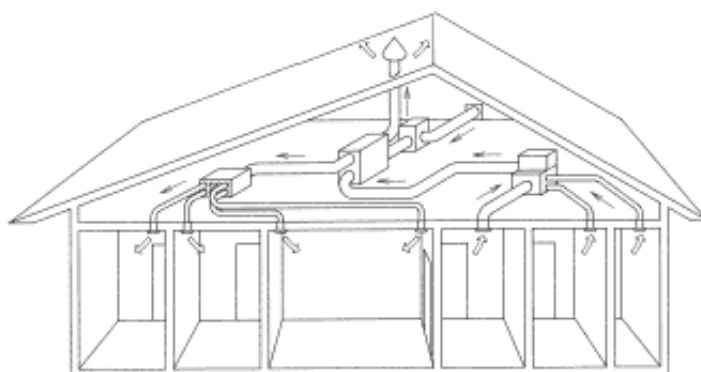


Fig. 8. Representação esquemática de um edifício

Tanto as tubeiras de impulsão com grelhas difusores para as salas secas como as válvulas ou comportas de extracção das salas húmidas, podem ser reguláveis manualmente ou auto-reguláveis.

Uma variante mais sofisticada dentro do afã de recuperar energia baseia-se em instalar uma bomba de calor nos grupos de ventilação. O aparelho de extracção faz passar o ar viciado a 20 °C pela bateria de aletas do evaporador até ser esfriado a 2 °C, ao sair ao exterior. A sua vez o ventilador de impulsão capta o ar exterior a 10 °C, esquentando-se até os 40 °C ao cruzar a bateria do condensador e é distribuído às salas secas. O ciclo frigorífico mantém-se pela acção do compressor, cujo consumo de energia se rentabiliza muito positivamente na sua função aquecedora.

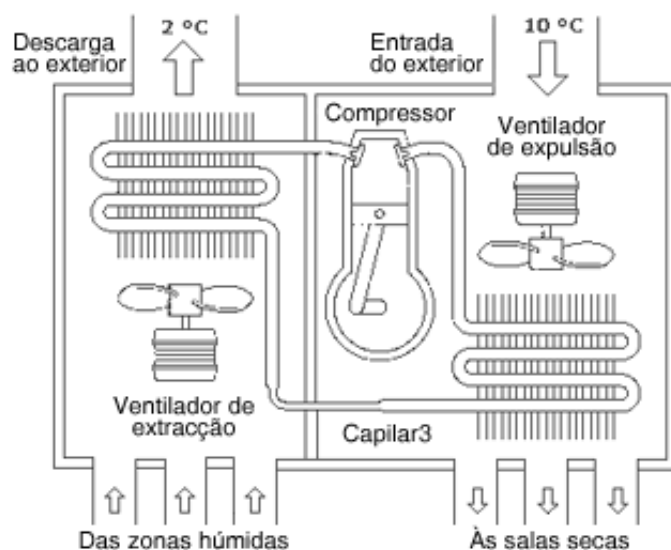


Fig. 9. Representação do ciclo frigorífico

3.c Ventilação Centralizada em vivendas colectivas

Os dois sistemas descritos, são perfeitamente de aplicação a blocos de vivendas. Nas Fig. 10 e 11 são representados edifícios de várias plantas com sistemas de VC instalados.



Fig. 10. Extracção centralizada

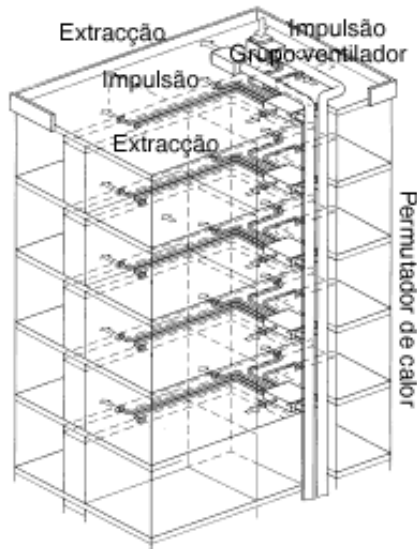


Fig. 11. Ventilação centralizada

O Total, Fig. 11 com a entrada e saída de ar centralizados, é o que permite a instalação de um sistema de recuperação de energia. Para este caso é requerido um certo espaço no sótão ou numa cabina no terraço para localizar todo o equipamento de extracção, impulsão, recuperador, bateria aquecedora, filtros para o ar de entrada, bem como plenuns de distribuição.



FICHAS TÉCNICAS



VENTILAÇÃO

CAMPÂNULAS DE EXTRACÇÃO

1. Conceitos básicos. Unidades.
2. Definições
3. Princípios de projecto
4. Captação por campânula
5. Captação por cabina
6. Esquemas

Quando na Folha Técnica VENTILAÇÃO 1, 4/1995, falávamos de Ventilação Localizada, justificávamos a utilização da mesma quando era possível identificar num ponto concreto o foco poluente do ar. Então, dizíamos, que o sistema mais racional e económico, bem como o único eficaz, se pretendíamos controlar emanações tóxicas ou poeirentas ou de fumos, consistia em capturar a poluição à medida que se produzia e no mesmo local de origem, para impedir a sua difusão por todo o ambiente. A Campânula de Captação é o elemento essencial neste caso, consistindo numa caixa fechada com uma face aberta à emissão nociva e da qual parte uma conduta de evacuação activada por um exaustor mecânico.

O projecto de uma Campânula de Captação ou Extracção deve resolver duas questões principais:

- a. Forma, dimensões e localização da Campânula.
- b. Cálculo do fluxo necessário e determinação das velocidades de ar para a captação e arrasto.

1. Conceitos básicos. Unidades.

■ Quantidade de ar (V):

Como os processos de condicionamento de ar realizam-se a baixas pressões, podemos considerar o ar como um fluido inconsistente e assim a quantidade de ar existente num local coincide com o volume do mesmo. A sua expressão é efectuada em metros cúbicos, m³.

■ Fluxo de Ar (Q):

Este conceito implica ar em movimento e, portanto, é preciso relacionar a quantidade com o tempo no qual circula. É exprimido em metros cúbicos por hora m³/h e, às vezes, em litros por segundo l/s. A fórmula de relação entre ambos é:

$$1 \text{ m}^3/\text{h} = 3,6 \text{ l/s.}$$

■ Velocidade do Ar (v):

A velocidade do ar com que circula um determinado fluxo (Q) que atravessa uma secção (S) de conduta ou outro espaço, é determinada pela fórmula:

$$V(\text{m/s}) = Q(\text{m}^3/\text{h}) / 3.600(\text{m}^2)$$

Esta velocidade determina uma pressão do ar em direcção à circulação do mesmo que se chama Pressão Dinâmica (Pd) cuja expressão é:

$$Pd = (\text{mm c.d.a.}) = V^2(\text{m/s}) / 16,3$$

Esta pressão (Pd) somada à Pressão Estática (Pe) que o ar produz em todas direcções dentro da conduta ou recinto, dão a Pressão Total (Pt), o que constitui a Equação de Bernouilli, fundamental no estudo dos fluidos (ar) em movimento:

$$P_t = P_e + P_d$$



2. Definições

- **Campânula:**
Dispositivo desenhado para a captação do ar poluído. Esta costuma ter a forma de osso.
- **Cabina:**
Tem forma de paralelepípedo apoiado no solo, fechado, com uma face aberta por onde aspira.
- **Coefficiente na:**
É uma constante que avalia a perda de carga de um elemento dentro da canalização ou entrada à mesma.
- **Fumo:**
É uma suspensão de partículas sólidas no ar e que se forma no processo de combustão ou sublimação.
- **Nevoeiro:**
Pequenas gotas de líquido suspensas no ar.
- **Perda de carga:**
É a perda de pressão que se origina ao circular o ar por uma canalização, à entrada ou por obstáculos na mesma, devido ao atrito, à mudança de direcção ou choques. É medida em milímetros de coluna de ar (mm ca.) ou em Pascais, 1 mm ca. = 9,81 Pascal.
- **Perdas de entrada:**
É a perda de carga que se produz ao entrar o ar numa canalização ou elemento do sistema de ventilação.
- **Plenum:**
É uma câmara intercalada numa canalização ou captação de ar para uniformizar a pressão.
- **Pó:**
São pequenas partículas sólidas que se criam a partir de outras partículas de maior tamanho devido a processos mecânicos de trituração, perfuração, explosões, etc.
- **Pressão Atmosférica:**
É a devida à passagem do ar que nos envolve. Medimos com um barómetro. A pressão atmosférica normal é de 760 mm cm. (coluna de mercúrio) que equivale de 10.334 mm ca.
- **Tubeira:**
Elemento de captação cujo desenho estreita a boca de captação para aumentar a velocidade do ar.
- **Vapor:**
Substância em estado gasoso que, normalmente, apresenta-se em líquido ou sólido. Passa de um a outro estado por variação da temperatura.
- **Velocidade de captação (ou de arrasto) (Va):**
É a velocidade do ar na boca de uma campânula ou cabina necessária para vencer as correntes contrárias e recolher (arrastar) ar, gases, pó ou fumo, obrigando-os a entrar nas mesmas.
- **Velocidade na conduta (ou de transporte) (Vc):**
É a velocidade do ar dentro da conduta necessária para evitar que as partículas sólidas suspensas sedimentem e fiquem depositadas no mesmo.
- **Velocidade de entrada (Ve):**
É a velocidade do ar na boca da campânula ou outro elemento de captação.
- **Velocidade de em plenum (Vp):**

É a velocidade média dentro da câmara de uniformização de pressões do ar uma vez captado.

■ **Velocidade nas ranhuras (Vr):**

É a velocidade do ar nas aberturas de que dispõem as cabinas para distribuir uniformemente a extracção.

3. Princípios de desenho

Qualquer boca de captação que disponha de flanges, ou seja, rebordos planos de certa largura que a circundam, reduzirá o fluxo de ar necessário em aproximadamente 25%.

Se as dimensões indicadas no desenho cumprem,

$$D > d > D/2$$

A velocidade de arrasto deve ser:

$$V_a = \frac{Q}{2750(10d^2+5)}$$

A velocidade de arrasto V_a decresce com o quadrado da distância, isto é, a uma distância dupla do foco de poluição à campânula, corresponde um fluxo necessário quádruplo.

4. Captação por campânula

Tipo de Trabalho	Va	Vc
Gases ou vapores	0,25 a 0,5	12
Gases soldadura	0,5 a 1	15
Caldeira de vapor	0,75	10
Aquecedor envernizado	1 a 1,25	8
Perfuração	2	22

5. Captação por cabina

Tipo de Trabalho	Va	Vc
Pintura, trituração	1 a 2,5	15
Aerografia	2	10
Afiação	1	18
Máquina embalar (Aspiraç. descendente)	0,25 a 0,5	**
Motores explosão 3.500 m ³ /hxm ²		

Reservatório cheio 3.500 m³/h×m²

Forja manual	1	8
Polimento	2,5 a 10	15
Perfuração rochas, vertical	0,3	18
Descendente	1	22
Soldadura prata	0,5	10

Vários

Todos os vapores e gases	9 a 10
Pós sementes, juta ou borracha	10
Soldadura eléctrica	10 a 13
Fios de algodão, farinha de gramíneas e de madeira, pós de litografia	13 a 15
Pó metálico de rectificado	16
Finos de borracha, fios de juta, pó de algodão, de sabão e resina sintética, aparas ligeiras de madeira e couro	15 a 20
Pó de afiação, de juta, lã, granito e corte prod. cerâmicos e barro de argila, de fundição e embalagem prod. têxteis, grãos de café, farinha desílce, apara fina metálica	18 a 20
Pó pesado de serra, torneamento metálico, vibrado e descarga em fundição, projecção de areia, cubinhos de madeira, pó de chumbo, partículas, de cimento, condutas, desperdícios pegajosos de linho, pó de cal viva e finos de carvão	25 y +

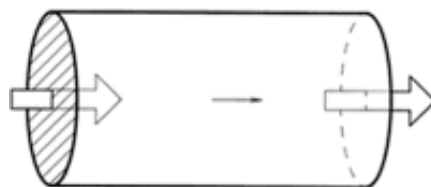
**6. Esquemas**

Fig. 1 .

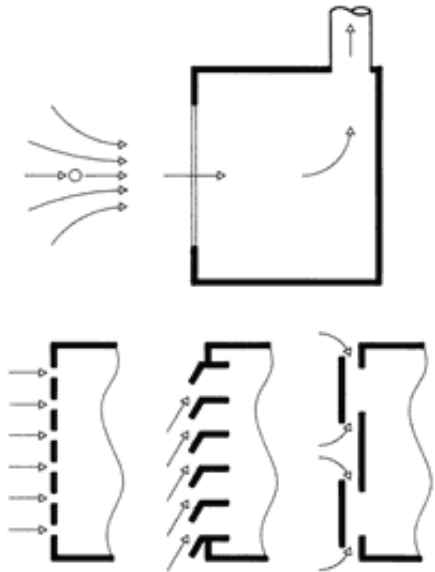


Fig. 2.

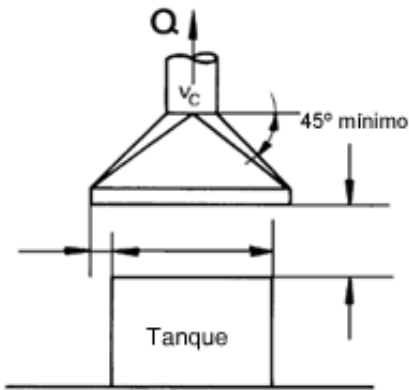


Fig. 3.

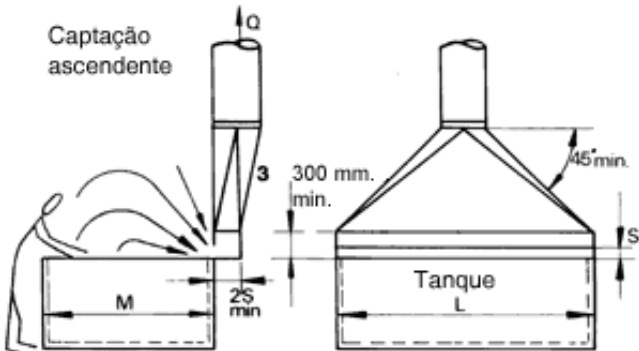


Fig. 4.

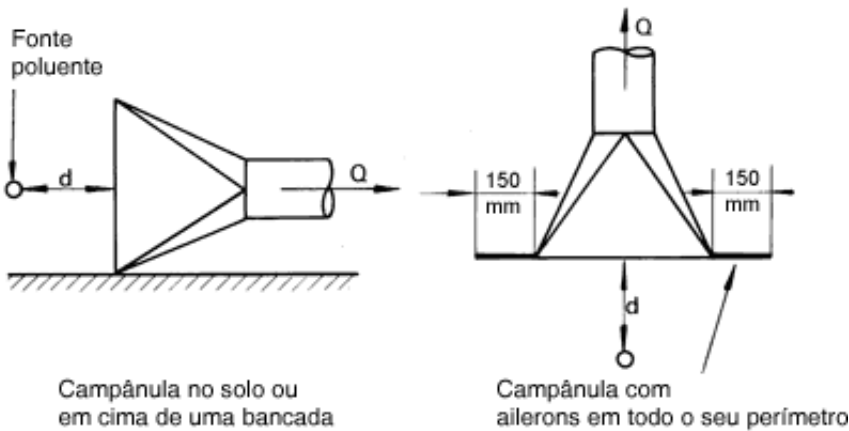


Fig. 5.

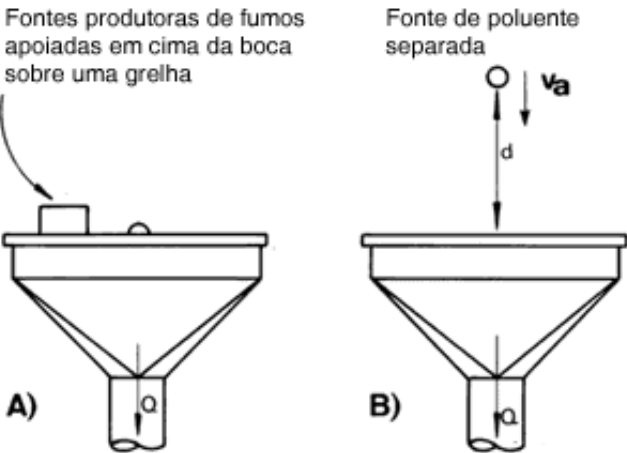


Fig. 6.

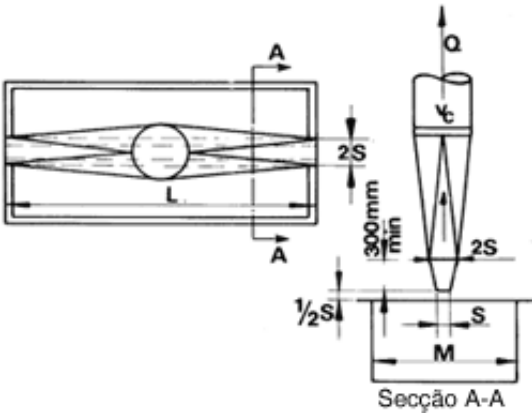


Fig. 7.

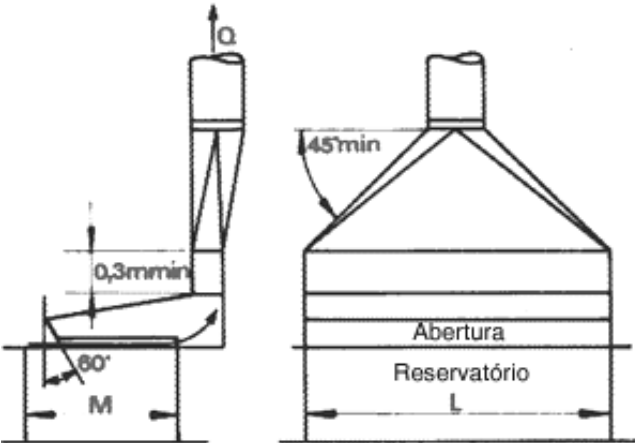


Fig. 8.

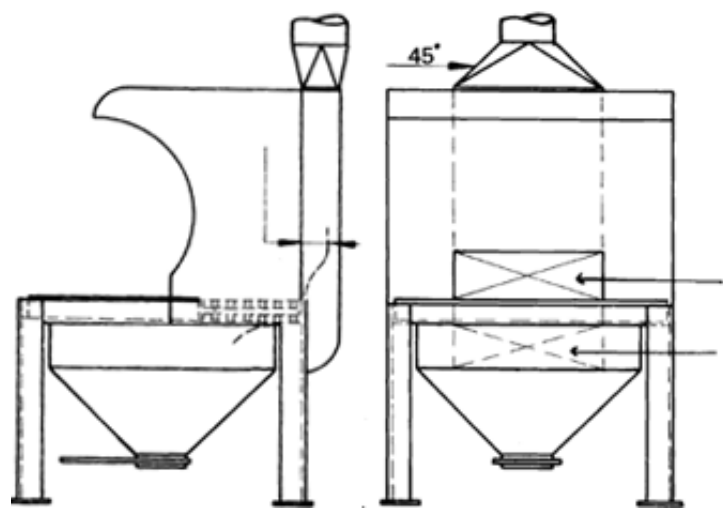


Fig. 9.

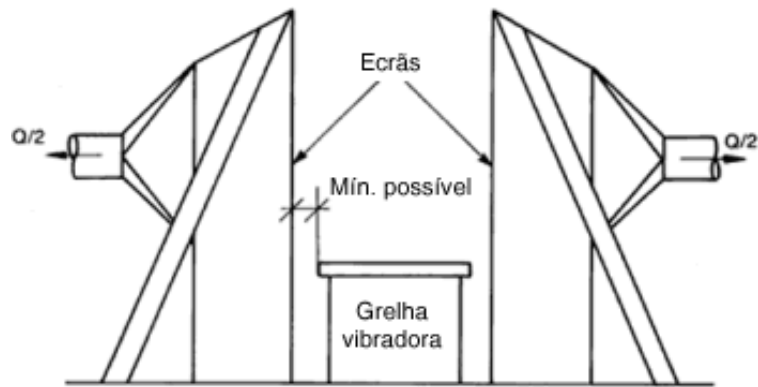


Fig. 10.

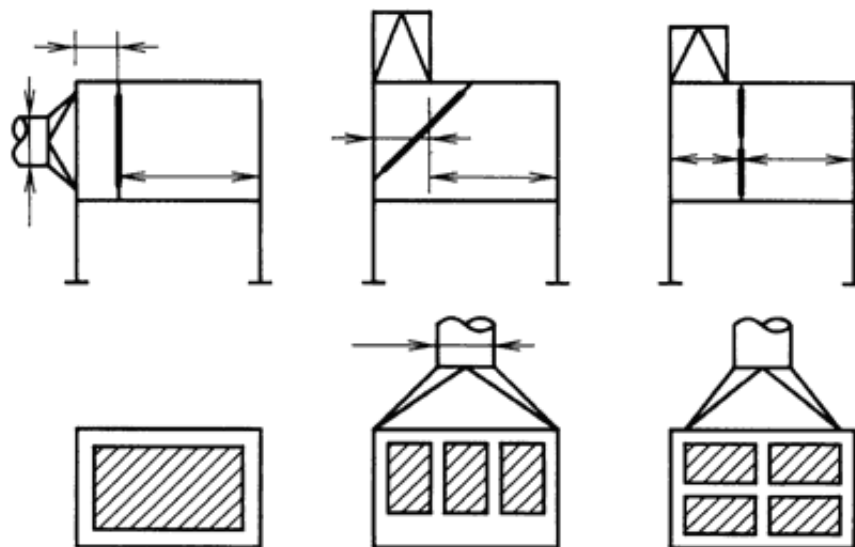


Fig. 11.

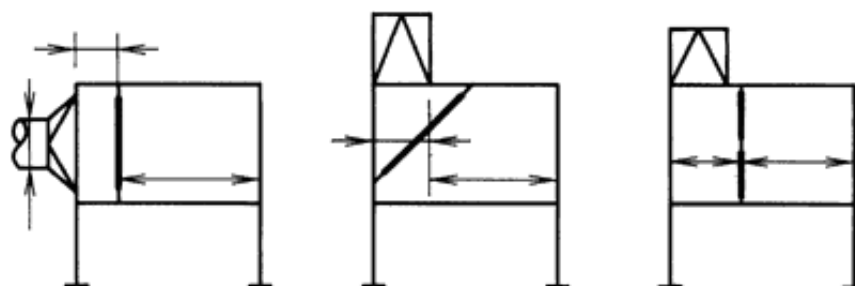


Fig. 12.

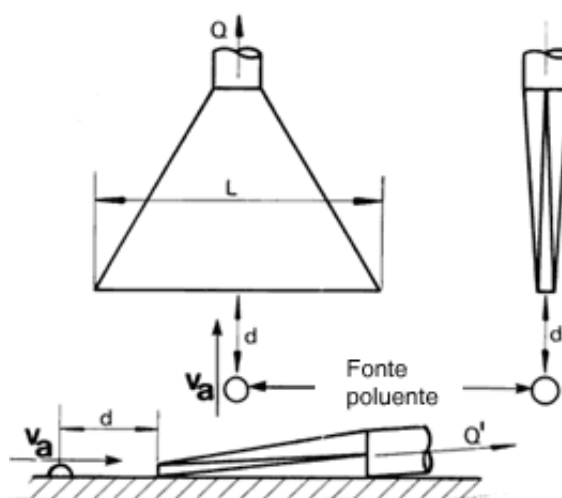


Fig. 13.

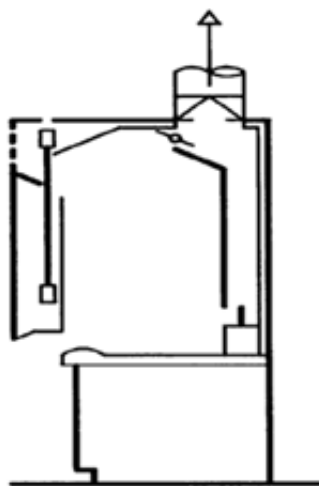


Fig. 14.

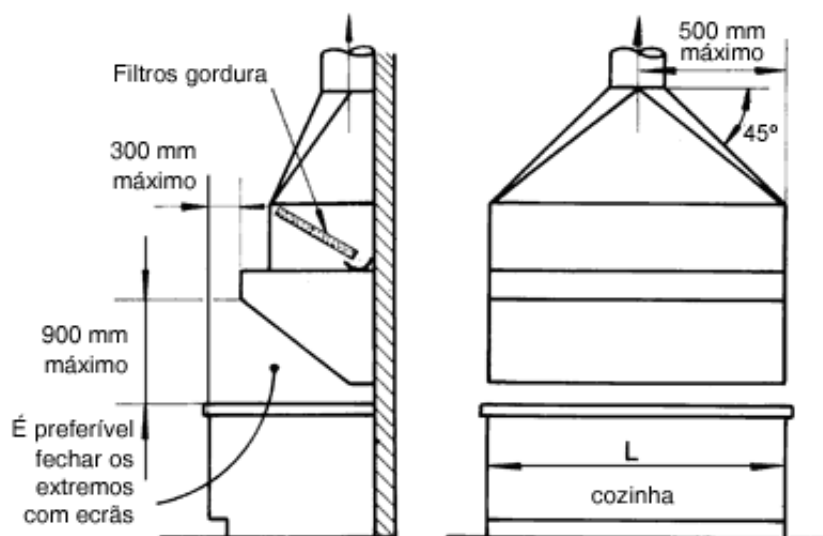


Fig. 15.

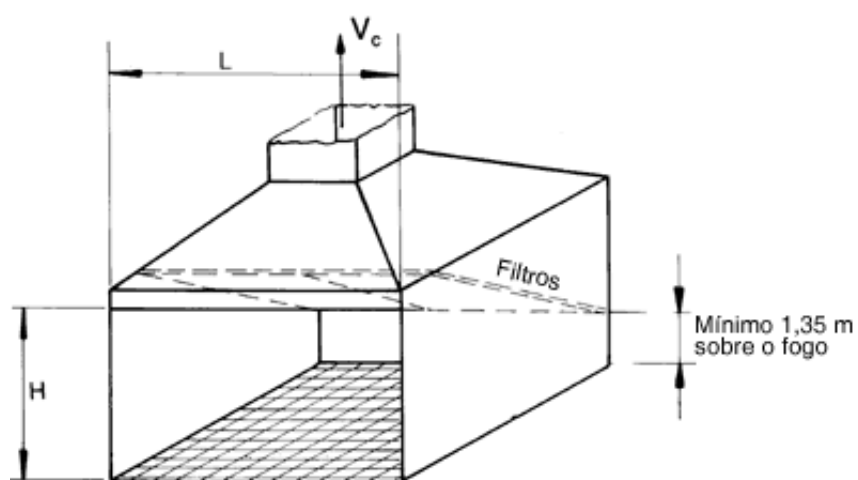


Fig. 16.

FICHAS TÉCNICAS



VENTILAÇÃO

VENTILAÇÃO DA HUMIDADE

1. Desumidificação
2. Ventilação
3. Ventilação mecânica

A humidade no interior dos habitáculos afecta a todos os seres vivos, pessoas, animais e plantas que aí habitam e também os objectos e materiais que contêm. Se a humidade for excessiva, a água condensar-se-á nas superfícies frias, paredes e vidros, e prejudicará os habitantes pela formação de mofo e proliferação de bactérias e vírus, deteriorando ao mesmo tempo os móveis, pinturas e paredes da casa. Mas se a humidade for muito baixa, afectará as gargantas com a conhecida sensação de boca seca e as mucosas das pessoas, danando as madeiras e materiais do interior.

A qualidade do ar interior de um edifício depende de:

- a. Da qualidade do ar que entra do exterior pela ventilação. Pode ser de grande pureza como o de ambientes rurais ou muito poluído como o das indústrias ou o do trânsito das grandes cidades.
- b. Dos materiais de construção das vivendas, adesivos dos tabuleiros e revestimentos, alcatifas, formóis, fibras, cortinas, etc.
- c. Das actividades que se desenvolvem no seu interior como cozinhar, os processos de limpeza, uso de aerossóis, combustão, etc.
- d. Da ocupação por seres vivos, animais e plantas: a respiração, o cheiro, fumo de tabaco, etc.
- e. Da temperatura.
- f. Da humidade.

Nesta Folha Técnica ocupar-nos-emos exclusivamente da Humidade, ou seja, do conteúdo de água no ar, embora de forma acessória sejam mencionados outros aspectos do problema.

A humidade produzida por processos industriais deve ser controlada por instalações adequadas, também de magnitude industrial. Aqui trataremos da humidade em vivendas, escritórios e locais de residência humana e que pode ser controlada por procedimentos de ventilação, natural ou forçada, que ao mesmo tempo podem resolver os problemas de todos esses outros factores de poluição aos quais nos referimos.

O homem produz de três a cinco litros de vapor de água por dia, ao qual temos que acrescentar o vapor desprendido dos alimentos ao cozinhar, das casas de banho e chuveiros, da lavagem da roupa e secagem interior da mesma, do desprendimento de plantas, dos materiais de construção, das filtrações e demais.

O gráfico da Fig. 1 mostra como são perniciosos os valores extremos da humidade. Podemos considerar como zona ótima a compreendida entre 40 e 60% de humidade relativa.

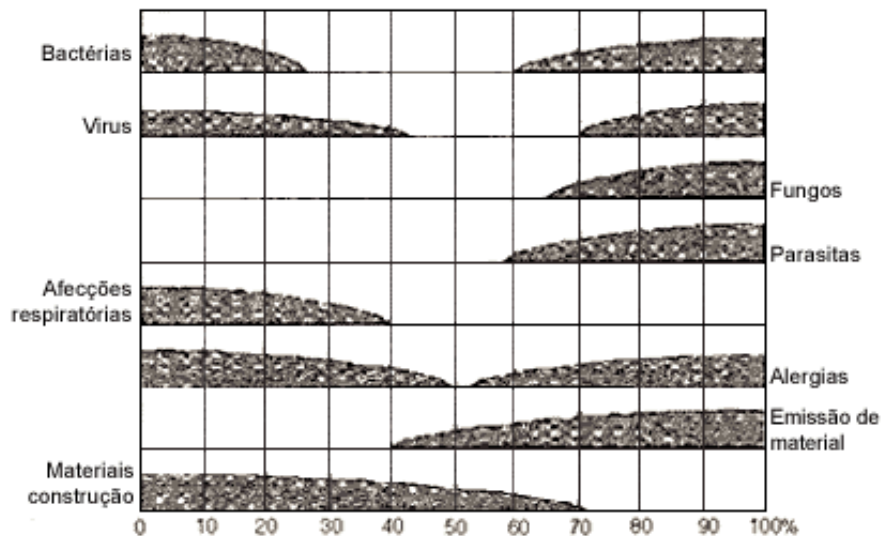


Fig. 1. Valores da humidade

Julgamos conveniente lembrar o que entendemos por humidade do ar conforme o conceito utilizado em condicionamento e em meteorologia. A água no ar está em forma de vapor, é água na sua fase gasosa. O ar é considerado saturado de humidade quando se mantém em equilíbrio em presença de água líquida, isto é, que não há transvasamento de vapor a líquido e vice-versa. A cada temperatura corresponde uma quantidade de vapor diferente para a saturação. Humidade relativa é o quociente entre o peso do vapor de água que contém uma massa de ar e o que lhe corresponde quando estiver saturada à mesma temperatura. Esta quantidade é expressa em percentagem e indicada como Z%. Ver a Folha Técnica do nosso Boletim S&P, 1/1996.

O corpo humano produz calor e desprende vapor de água. Ambos devem ser desprendidos no ambiente, o calor por convecção e o vapor pela transpiração. Este processo pode ser facilitado ou obstaculado pela quantidade de água existente no ar e por isso teremos a sensação de bem-estar, conforto, ou a ausência do mesmo. Esta sensação variará também em função da actividade do corpo, em repouso ou em trabalho. Outro factor que influi poderosamente é o movimento ou a velocidade do ar no ambiente. Um ar em repouso ou que circula a uma certa velocidade, faz variar a sensação do bem-estar.

Assim podemos concluir que Temperatura, Humidade e Velocidade do ar são os três factores que determinam um ambiente confortável. Damos por suposta a pureza e limpeza do ar.

Foram realizados inúmeros ensaios com um grande número de indivíduos submetidos a diversos ambientes, recolhendo as suas opiniões e estudando as suas reacções. Para objectivar os resultados foram estabelecidos uns indicadores ou parâmetros que possam correlacionar-se com o conceito de conforto.

Um deles é a Temperatura Efectiva que é a que assinala um termómetro seco imerso num ambiente chamado equivalente, isto é, que produza a mesma sensação de frio ou calor, cumprindo as condições de manter o ar em repouso, saturado de humidade e as paredes e o solo à mesma temperatura. Como resultado foi estabelecido um diagrama chamado De Conforto, representado na Fig. 2, no que foram determinadas umas zonas prováveis de conforto do Verão e Inverno. Como compreenderemos, é um produto de base estatística, por isso é possível que os seus valores não sejam válidos para todo o mundo, mas sim constituem uma base de partida para conhecer o grau de conforto de um ambiente.

Exemplo de leitura com uma temperatura seca de $t = 26^\circ$, uma temperatura húmida de $t = 23^\circ$ e uma velocidade do ar de $v = 1 \text{ m/s}$ resulta uma temperatura efectiva de 23° confortável no Verão e demasiado alta no Inverno, Humidade correspondente 77%

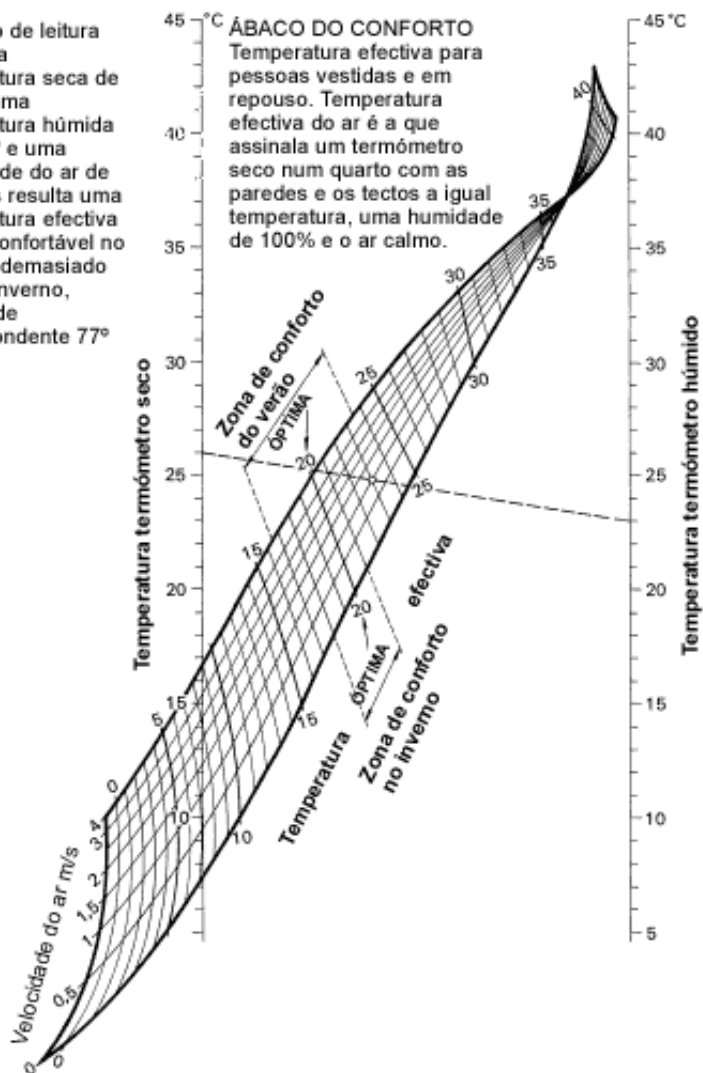


Fig. 2. Ábaco de Conforto

Como complemento ao gráfico mostramos uma tabela que, em função das temperaturas de termómetro seco e húmido, dá as humidades correspondentes de um ambiente.

Diferencia entre o termómetro seco e húmido

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	°C									
(1)											(2)									
18	100	95	90	85	80	76	71	65	61	57	53	49	45	40	37	32	28	24	20	16
19	100	95	90	85	81	77	72	66	62	58	55	51	47	42	38	34	30	27	23	20
20	100	95	90	85	82	77	72	68	63	60	56	52	48	44	42	37	32	29	25	22
21	100	95	91	86	82	78	73	69	64	60	57	53	49	45	43	38	34	31	27	24
22	100	95	91	87	82	78	74	70	65	62	57	54	51	47	45	40	37	33	29	26
23	100	95	91	87	83	79	75	70	66	63	58	56	52	48	46	41	38	35	31	28
24	100	95	92	87	83	79	76	71	67	63	60	57	53	50	48	43	39	37	33	30
25	100	96	92	87	83	80	76	72	68	63	61	58	54	51	48	45	41	38	35	32
26	100	96	92	87	84	80	77	73	69	65	62	58	56	52	48	46	42	39	37	33
27	100	96	92	88	84	81	77	73	70	66	62	59	57	53	50	47	43	39	37	33
28	100	96	92	88	84	81	78	74	70	67	63	60	57	54	51	48	45	42	38	36
29	100	96	92	88	85	82	78	75	71	67	64	61	58	55	52	49	46	43	40	38
30	100	96	93	89	85	82	78	75	72	68	65	62	58	56	53	50	47	44	42	39
31	100	96	93	89	86	82	79	76	73	69	66	63	60	57	54	51	48	45	43	40
32	100	96	93	89	86	83	79	76	73	70	67	63	60	58	55	52	49	47	43	41

(1)Temp. termómetro seco; (2) humidade relativa %

ASHRAE, associação americana de climatização define um clima húmido como aquele em que a temperatura de bulbo húmido é de 19 °C ou maior durante 3.500 horas, ou 23 °C durante 1.750 horas ou mais, durante os seis meses consecutivos mais quentes do ano.

1. Desumidificação

Vamos descrever os procedimentos para controlar a humidade quando for excessiva. Dos gráficos das Figs. 1 e 2 pode ser calculada a humidade exacta de uma correcção por defeito.

Para ambientes domésticos ou residenciais existe a possibilidade de utilizar desumidificadores, ver na Fig. 3. São capazes de absorver, condensando água que ser recolhe numa tina ou evacuada por uma drenagem, segundo o seu tamanho e potência. Dez litros de água em 24 h trabalhando com ar a 70% de humidade, é o mais frequente. O seu uso é indicado em segundas residências, vivendas, garagens, arrecadações, salas de computadores, escolas, ginásios, cabeleireiros, lavandarias, etc. Equipados com detectores de humidade do ambiente podem ser detidos ou arrancados conforme os limites prefixados.



Fig. 3. Desumidificador



2. Ventilação

Mas o procedimento mais fácil de estabelecer e que aliás é necessário para controlar toda a poluição que se gera e produz nos locais habitados é a ventilação que arrasta para fora o ar carregado de humidade e de poluição, substituindo-o por outro de proveniência exterior mais seco e puro.

Normas internacionais que tratam da ventilação como meio de proporcionar a qualidade de ar interior, assinalam os valores da Tabela 1. Estes fluxos são suficientes para desumidificar os locais ao mesmo tempo de eliminar a sua poluição. Em locais não habitados durante longos períodos de tempo como podem ser segundas residências, armazéns ou arrecadações, podemos tentar estabelecer uma ventilação natural embora fiquem expostos a uma problemática eficácia, sempre dependendo das condições climatéricas exteriores que escapam a qualquer controlo. Umas aberturas com grelhas ao exterior, podem funcionar.

Tipo de local	Por pessoa	Por m ²	Por elemento
Armazéns	-	0,75 a 3	-
Parques de estacionamento	-	5	-
Arquivos	-	0,25	-

Casas de banho públicas	-	-	25
Casas de banho individuais	-	-	15
Auditórios e aulas	8	-	-
Casas de banho privadas	-	-	15
Bares	12	12	-
Cafés	15	15	-
Salas para desporto	-	2,5	-
Casinos e jogos	12	10	-
Cantinas	10	6	-
Cozinhas (ventil. geral)	8	2	-
Campânula	-	-	70
Descanso (Salas de)	20	15	-
Dormitórios	8	1,5	-
Escolas, Aulas, Biblioteca	5	3	-
Salas de professores	5	1,5	-
Espera e recepção	8	4	-
Estudos fotográficos	-	2,5	-
Exposições (Salas de)	8	4	-
Festas (Salas de), dança, discotecas	15	13	-
Fisioterapia (Salas de)	10	1,5	-
Ginásios	12	4	-
Arquibancadas de recintos desportivos	8	12	-
Grandes armazéns	8	1	-
Quartos de hotel	-	-	15
Quartos de hospital	15	-	-
Tipografias, reprodução e planos	-	2,5	-
Laboratórios em geral	10	3	-
Lavandarias industriais	15	5	-
Vestíbulos	10	15	-
Escritórios e processo de dados	10	1	-
Passeios de centros comerciais	10	-	-
Piscinas	-	2,5	-
Salas de operações e anexos	15	3	-
Reuniões (Salas de)	10	5	-
Salas de curas	12	2	-
Salas de curas e recuperação	12	2	-
Supermercados	8	1,5	-
Oficinas em geral	30	3	-
Oficinas em centros docentes	10	3	-
Lojas em geral	10	1	-

Lojas de animais	-	5	-
Lojas especiais (Cabeleir., Farmácia, etc.)	8 - 13	2 - 8	-
UCIs	10	1,5	-
Vestiários	-	2,5	10

Tabela 1. Fluxos de ar exterior em l/s (litros por segundo)



3. Ventilação mecânica

A ventilação mecânica com exaustores de ar é a única forma de poder garantir os fluxos de ar indicados na Tabela 1. É preciso estabelecer um sistema e desenhar o circuito de circulação desejado. Nas Folhas Técnicas Ventilação 1 e 2 descrevemos os diversos sistemas que podem ser utilizados e o local de instalação dos ventiladores.

Como compêndio de todo isto, o desenho da Fig. 4 traça um exemplo de aplicação a uma vivenda. A extracção é efectuada pelas peças húmidas da casa, cozinhas, casas de banho e lavatórios deixando o local em depressão. O ar penetra pelas peças secas, isto é, quartos, dormitórios, estudos, etc. O fluxo necessário pode ser calculado conforme o número de pessoas (8 litros por segundo por pessoa) ou por superfície dos diferentes quartos (1,5 litros por metro quadrado por exemplo) com o que obteremos o total necessário. Os corredores e distribuidores serão ventilados pelo ar de transferência de um espaço ao contíguo.

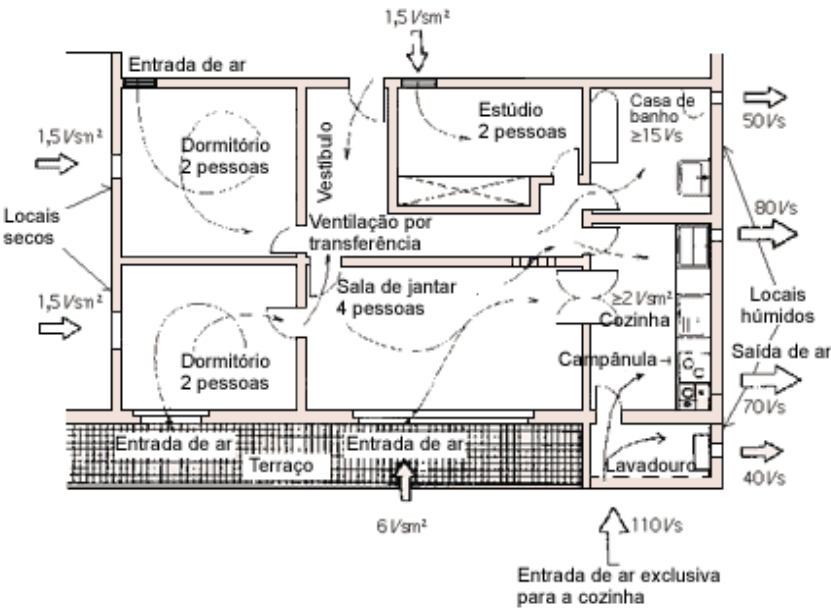


Fig. 4. Vivenda de 90 m²

Entre a casa de banho e a cozinha devem extrair o total da vivenda, que deve ser igual ou superior ao necessário para a ventilação do próprio quarto (15 l/s por exemplo para o banho e 2 l/s m² a cozinha). Os aparelhos de ventilação deverão veicular o ar com uma pressão de 2 a 6 mm ca. se a descarga for livre ou a pressão calculada, deve ser conduzida por uma canalização até ao terraço, caso exista. As entradas de ar às peças secas devem ser efectuada por aberturas permanentes através de grelhas discretas nos batentes das janelas; confiá-las ao fechamento imperfeito das janelas ou às fendas do seu ajuste pode anular a ventilação quando às janelas são instaladas juntas para que fechem bem.

O fluxo de ar necessário para a campânula de extracção da cozinha (70 l/s por exemplo) bem como o que precisam os aparelhos de combustão, aquecedor de gás por exemplo (40 l/s) devem

ser fornecidos do exterior directamente por meio de grelhas abertas para fora Fig. 5. Estes aparelhos funcionarão intermitentemente e não devem obter o fluxo de extracção arrastando-o de toda a vivenda pois provocaria desconfortos e arrefeceria a casa em momento de aquecimento.

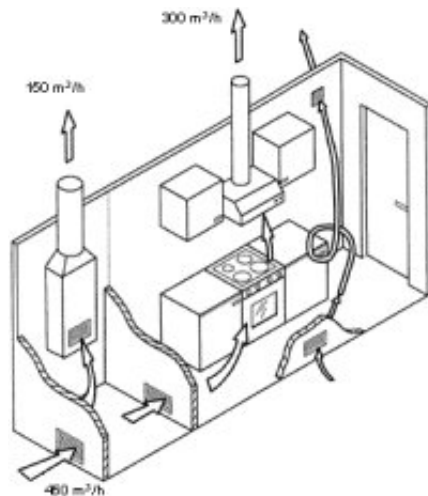


Fig. 5. Ventilação mecânica

Para locais desocupados podemos ligar o sistema de ventilação a detectores de humidade, que arrancam a ventilação quando é necessário e a detêm quando rebaixam a humidade ao limite prefixado.



FICHAS TÉCNICAS



VENTILAÇÃO

DIFUSÃO DO AR EM LOCAIS

1. Definições e conceitos
2. Presença de obstáculos
3. Tipos de difusores
4. Ruído

Actualmente todos os grandes edifícios são projectados com uma instalação de ar condicionado e não é concebido um local comercial que não disponha de refrigeração.

Mas uma vez obtido um ar em condições de qualidade e conforto o passo seguinte é distribuí-lo pelos locais de maneira uniforme e com uma velocidade que incomode o menos possível. Esta técnica é denominada **Difusão de Ar em Locais**.

Actualmente existem no mercado difusores de indução elevada com veias radiais rotativas, de geometria fixa ou variável, tuberias de longo alcance e baixo ruído, elementos para difusão por deslocamento bem como uma grande selecção de grelhas e difusores que o técnico pode usar nos seus projectos, prevendo o resultado da sua aplicação mediante sofisticados programas de simulação.

1. Definições e conceitos

Se não rigorosamente definidoras, as definições que damos a seguir são as mais usualmente aceites em ventilação, distribuição e difusão de ar.

- **Eficiência:**
É a relação entre a concentração de um poluente no ponto de extracção e a que é contido, como média, na zona ocupada. Nos casos de impulsão de ar por mistura esta eficiência alcança a unidade. Em geral é inferior à unidade, mas nos casos de impulsão por deslocamento pode ser superior ainda que não utilizável para aquecimento de locais.
- **Alcance:**
É a longitude a que chega o jacto antes que a sua velocidade descenda ao terminal, geralmente 0,25 m/s.
- **Jacto axial:**
Corrente de ar ao longo de uma linha.
- **Coeficiente de descarga:**
Relação entre a superfície da secção de saída e a secção da veia contraída.
- **Difusão:**
Distribuição de ar por uma boca que descarrega em várias direcções e planos.
- **Difusor:**
Boca de saída de ar fornecido em várias direcções e planos.
- **Queda:**
Distância vertical entre a saída do ar e o final do seu deslocamento para baixo, definido por uma velocidade concreta do ar.
- **Elevação:**
Conceito igual à queda mas para acima.
- **Área efectiva:**

É o espaço nítido de uma boca de descarga ou entrada de ar. É igual à secção de saída pelo coeficiente de descarga.

- **Arrasto:**
Efeito de indução do ar ambiente pelo do jacto de impulsão.
- **Coeficiente de arrasto:**
Relação entre o ar movido num local e o ar impulsionado pela boca de saída.
- **Envolvente:**
É a cobertura de ar em movimento com velocidade perceptível.
- **Jacto radial:**
Corrente de ar de um centro para fora, cobrindo uma circunferência.
- **Raio de difusão:**
Distância horizontal da saída de ar e o final do alcance do jacto, cujo limite vem definido por uma velocidade fixada.
- **Ar total:**
É o ar impulsionado mais o arrastado.
- **Pás:**
Pranchas finas múltiplas nas bocas de impulsão.
- **Relação de pás:**
Quociente entre a largura de uma aleta e a separação do contíguo.
- **Aspiração:**
Efeito contrário ao de impulsão e pelo que é evacuado o ar do local.

A Fig. 3 mostra a grande diferença das velocidades de ar próximas a uma aspiração às de uma impulsão indicadas na Fig. 1. À distância de um diâmetro de uma boca de aspiração encontra-se uma velocidade de ar que numa boca de impulsão é preciso procurá-la a uma distância de trinta diâmetros.

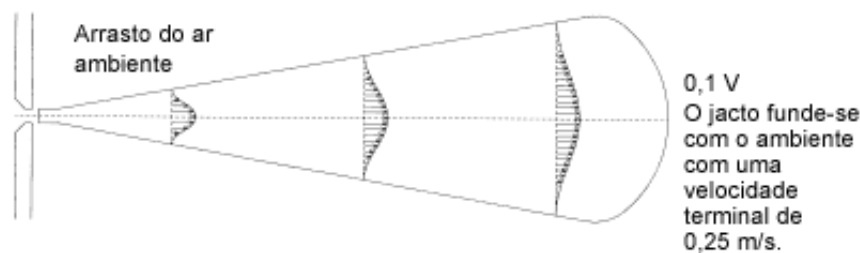


Fig. 1. Velocidades do ar numa impulsão

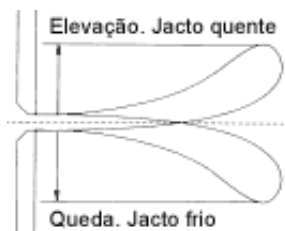


Fig. 2. Esquema da elevação e queda do jacto

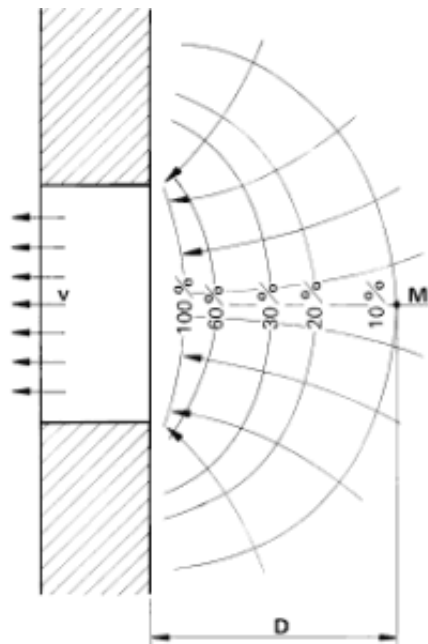


Fig. 3. Esquema das diferenças das velocidades do ar próximas a uma aspiração

Assim, é preciso ter a certeza que ao insuflar num local, com velocidades elevadas para que o jacto alcance distâncias convenientes, as pessoas ou animais que ocupam o mesmo tolerem a corrente de ar. A impulsão deve arrastar ar do ambiente e misturar-se com o mesmo fora da zona de ocupação para chegar a uma velocidade terminal que depois não incomode os habitantes.

É preciso ter em conta também que os movimentos de ar num local no qual é insuflado dependem, não só da velocidade de projecção do ar insuflado, mas também das diferenças da temperatura mais elevada do ar introduzido como do arrefecimento do ar ao longo das paredes. Se houver um pouco de ventilação natural, no Inverno o ar exterior penetra pela parte baixa do local e leva para acima o ar interior.

A posição relativa das bocas de impulsão e a de aspiração podem ser muito diversas e é importante dispô-las adequadamente para obter uma boa difusão de ar. As Fig. 4 a 7 recolhem em esquema quatro das mais usuais para locais de dimensões reduzidas. Se os locais chegarem a alcançar dimensões consideráveis ou formas irregulares, devemos dividir em zonas a difusão recorrendo a distribuir os impulsores orientando as suas descargas e acoplar os seus efeitos de maneira que não resultem contrários. A Fig. 8 ilustra diversos casos possíveis.

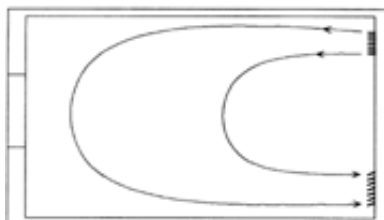


Fig. 4. Impulsão lateral. Aspiração por grelha baixa.

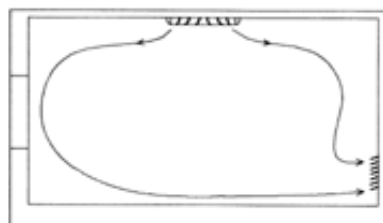


Fig. 5. Impulsão por tecto. Aspiração baixa.

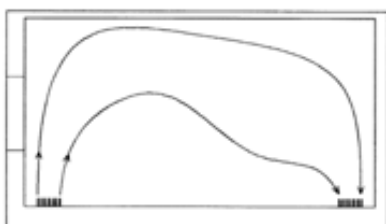


Fig. 6. Impulsão e aspiração por solo

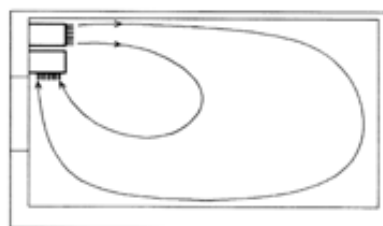


Fig. 7. Impulsão e aspiração por bloco, com bocas para distribuir em várias direcções

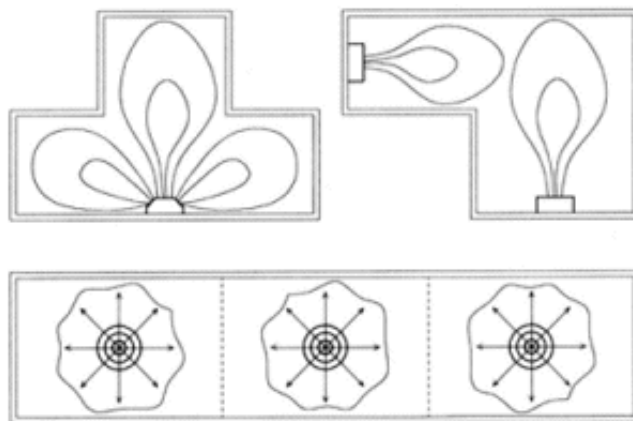


Fig. 8. Divisão de espaços para distribuir a difusão

A disposição da Fig. 4 é muito clássica e apropriada para locais com pouca altura de tecto. As bocas de impulsão podem adoptar qualquer forma: circular, rectangular, quadrada, linear, com ou sem regulação, etc.

A disposição da Fig. 5, com difusores circulares ou quadrados, admite grandes fluxos de ar com uma boa distribuição, embora necessitem alturas de tecto superiores aos 3 m. A boca de aspiração, na base, costuma ser de grelha rectangular, alongada.

A insuflação e recuperação, isto é, a impulsão e aspiração, por solo da Fig. 6 obtém uma boa homogeneidade de temperatura no local sem necessidade de dispor de alturas de tecto importantes. Apresenta o inconveniente que levanta pó do solo obrigando a trabalhar continuamente os filtros que se enchem com rapidez.

O sistema da Fig. 7 com a vantagem da sua compacidade apenas é recomendável para refrigeração. Em aquecimento produzem-se diferenças de temperatura importantes que, no entanto, desaparecem se o local for grande como em instalações industriais.



2. Presença de obstáculos

Os jactos de impulsão tendem a colar-se às paredes e percorrer longas distâncias antes de se desprender e cair (Fig. 9). Para isso as bocas devem estar muito próximas ao tecto. Também as consolas colocadas às paredes, podem aproveitar este efeito, chamado Coanda, descarregando verticalmente e seguindo depois o jacto aderido ao tecto (Fig. 10).

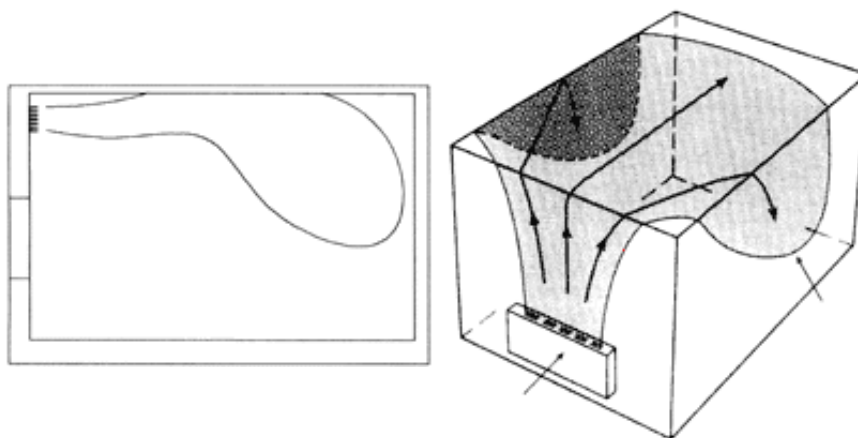


Fig. 9. Efeito coanda

Mas o efeito Coanda é anulado quando o interceptar um obstáculo, uma viga atravessada ou um aparelho de iluminação que sobressai, ou uma coluna suficientemente comprida que se oponha

(Fig. 11). É preciso escolher então o local de impulsão colocando-o, quando possível, com o jacto paralelo ao obstáculo ou insuflar passado o mesmo.

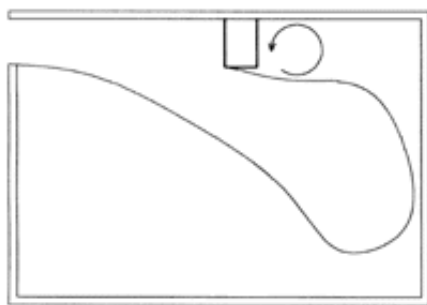


Fig. 11. Queda por obstáculo

3. Tipos de difusores

3.1 Difusores de tecto.

A difusão por tecto é a melhor, porque está fora da zona ocupada. Os difusores geralmente adoptam a forma circular ou quadrada.

Os difusores circulares estão formados por vários cones concêntricos que projectam o ar paralelamente ao tecto e em todas as direcções (Fig. 12 e 13). Existem difusores com pás torcidas que projectam o jacto em espiral (Fig. 14). Existem os semicirculares adequados para instalar perto de uma parede. Alguns têm dispositivos de regulação que permitem orientar o jacto parcialmente para o solo. É conveniente instalar uma comporta na conduta de alimentação do difusor que permita regular o fluxo de ar. O raio de difusão é definido pela velocidade terminal, indicada no catálogo do fabricante.



Fig. 12. Difusor circular

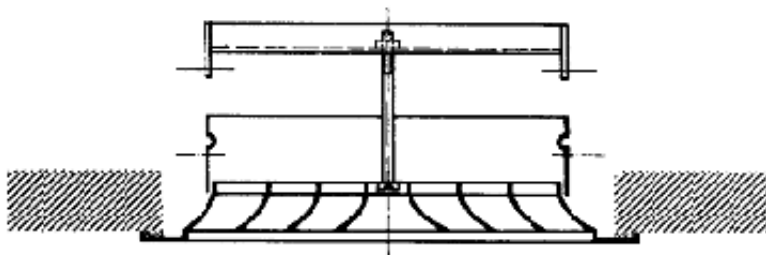


Fig. 13. Esquema difusor circular

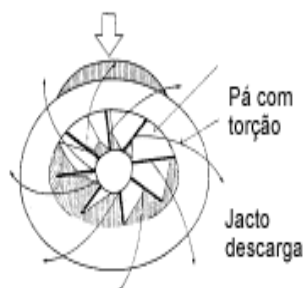


Fig. 14. Aleta torcida

Os difusores quadrados funcionam praticamente igual aos circulares, embora se distingam um pouco mais os quatro jactos que correspondem a cada lado do quadrado (Fig. 15). Também existem os que descarregam em só três, duas ou apenas uma direcção. Estes difusores, quando são de duas ou uma direcção, são usados também como murais.

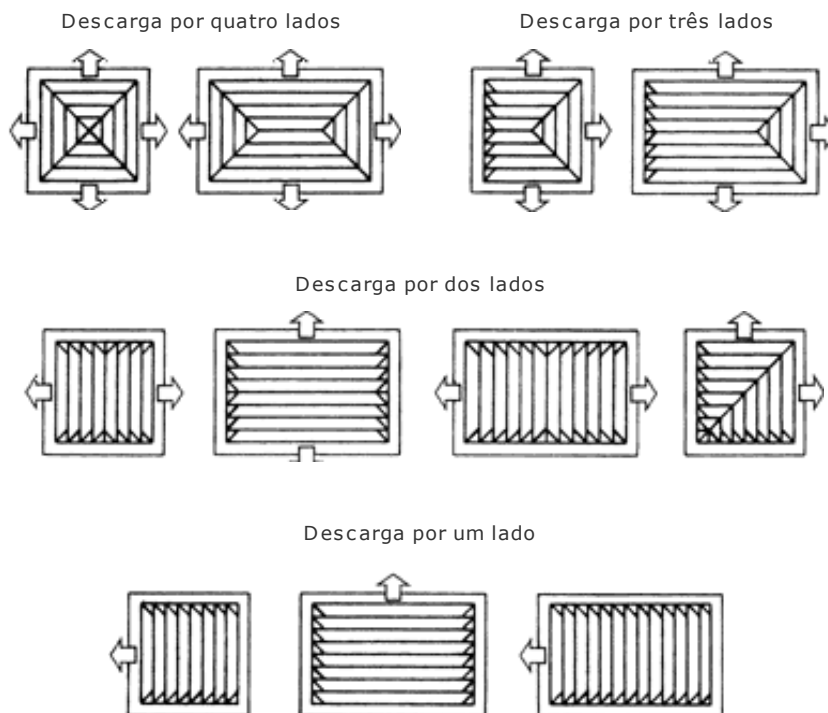


Fig. 15. Difusores quadrados

3.2 Difusores rectilíneos.

Este tipo de difusor tem a sua principal aplicação de forma mural e para ar condicionado. Em geral são rectangulares de proporções próximas ao quadrado até chegar a ser totalmente lineares de

vários metros, estreitos. Todos dispõem de pás paralelas, horizontais ou inclinadas, e principalmente fixas. Existem as reguláveis em inclinação e também de duas fileiras superpostas, verticais e horizontais, que permitem regulações mais finas.

O alcance do jacto e a dispersão ou divergência do cone que forma as suas filas, depende também da grelha ou persiana com que foi equipada a boca de insuflação. Se as lâminas da persiana mantêm uma posição horizontal, isto é, não afectem a forma inclinada, o jacto adquire uma divergência compreendida entre 18 e 20º, o qual podemos traduzir numa divergência em qualquer direcção de cerca de 0,30 m por cada 2 m de longitude de alcance da impulsão.

Utilizando persianas com as lâminas convergentes, contrariamente ao que pode parecer que deve concentrar-se o jorro, não acontece assim, pois embora encurte distância da boca de insuflação, conseguimos uma espécie de contracção da veia, em seguida a corrente diverge mais do que faria sem a existência de persianas convergentes, de forma que resulta como se as lâminas não fossem convergentes e tivessem adoptado a sua posição horizontal.

Com persianas de lâminas divergentes produz-se um alargamento angular muito marcado relativamente à direcção e longitude do jacto. Colocando as lâminas extremas da grelha a 45º, obtemos um ângulo de dispersão horizontal de 60º aproximadamente. Desta forma temos que a impulsão chega a reduzir-se até a metade de longitude que com as lâminas. A Fig. 16 ilustra as divergências que provocam as diferentes persianas.

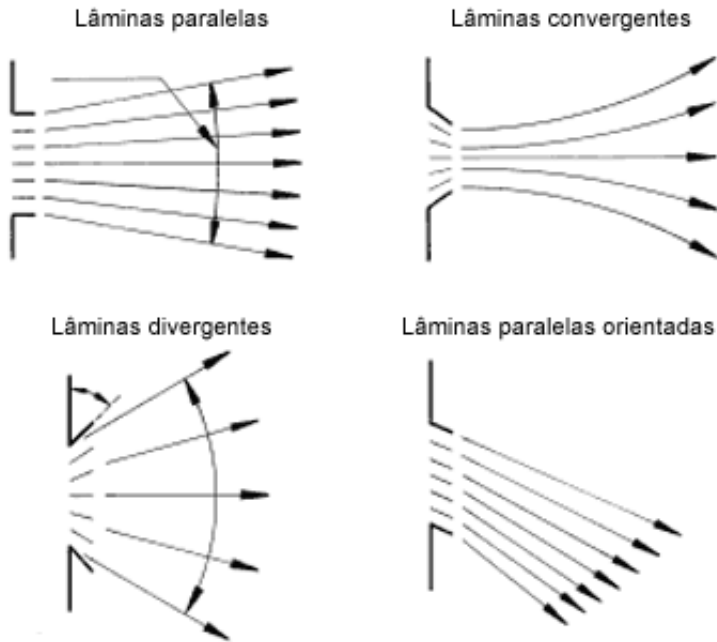


Fig. 16. Divergências que provocam as diferentes persianas

Existe uma fórmula que permite medir a velocidade do ar num ponto determinado a uma distância concreta da boca de insuflação no caso de lâminas horizontais, ou em ausência das mesmas, que é a seguinte:

$$v = \frac{C \cdot v_1 \cdot \sqrt{S_1}}{x}$$

Onde v é igual à velocidade do jacto em m/s num ponto dado, x é a distância da boca em metros, v1 é a velocidade de saída do ar da boca de insuflação, S1, é a superfície livre da boca de insuflação, C é uma constante que pode ser calculada na Tabela 1.

Velocidade de jacto no ponto x	Valor de C por velocidade de saída v, igual a				
	5 m/s	10 m/s	15 m/s	20 m/s	25 m/s
2,5 m/s o más	-	6	6,2	6,4	6,9

2 m/s	-	5,6	5,9	6,2	6,5
1,5 m/s	5	5,2	5,4	5,7	6,0
1 m/s	4,6	4,9	5,0	5,2	5,4
0,5 m/s	0,7	0,7	0,9	0,9	4,0

Tabla 1. Valores do coeficiente C

3.3 Difusores de solo.

Este tipo de descarga deve ser colocada na periferia dos locais, junto às paredes em locais onde os ocupantes não se coloquem em cima delas e não se vejam obstaculizadas por móveis ou equipamento. Em geral estão encastrados no andar e possuem pás reguláveis que permitem orientar o jacto ou fazê-lo divergir rapidamente bem como comportas de regulação de fluxo.

3.4 Outros tipos de difusores.

Além dos descritos, que são os principais, existem difusores de indução, que favorecem a mistura do ar impulsionado com o do ambiente, difusores de tecto orientáveis que além de permitir escolher a orientação da descarga podem chegar a fechar a passagem do ar, de grelha plana constituídos por uma simples malha, sistema muito rudimentar, que não permite nenhum tipo de regulação nem de orientação e difusores de base que revestem a forma de uma fenda de descarga ao longo das paredes.

3.5 Bocas de aspiração.

Constituem o retorno ou descarga do ar ambiente para o exterior. Costumam ser de pás fixas inclinadas para evitar a visão para o interior ou simples malhas ou grelhas. Por efeitos estéticos às vezes utilizamos os mesmos difusores de impulsão, nomeadamente os rectangulares ou lineares, instalando em geral uma boca de aspiração por cada duas de impulsão, calculando convenientemente a secção.



4. Ruído

Resulta muito complexo calcular previamente às condições de ruído de uma boca de insuflação atendendo ao fluxo de ar proporcionado, às características absorventes próprias do local e inclusivamente tendo em conta os dados do fabricante das bocas de insuflação. Estes cálculos resultam muito complicados para os recomendar de forma geral. Se não se tratar de casos muito particulares, quando for imprescindível fazê-los, o método mais simples para resolver o problema do ruído consiste em escolher velocidades de ar de insuflação que sejam o suficientemente baixas para que provoquem o menor ruído possível. Na Folha Técnica "Movimento do ar", estão relacionadas uma série de velocidades com indicação do destino dos locais habitados. A velocidade superior, quando forem indicados dois limites, não devem ser superados para que não apareçam níveis de ruído incómodos.



FICHAS TÉCNICAS



VENTILAÇÃO

VENTILAÇÃO AMBIENTAL I

1. A ventilação
2. Critérios a ter em conta
3. Tipos de ventilação

1. A ventilação

Podem ser vários os poluentes que podem provocar que o ar de um recinto onde nos encontramos esteja, utilizando a gíria, "carregado", e podem ser vários os poluentes que carregam o ambiente: fumo, cheiros, excesso de humidade ou temperatura, etc.

Com a ventilação pretendemos substituir uma porção de ar que consideramos indesejável por outra que tentará manter o ar do interior do recinto num grau de poluição, temperatura, humidade, etc., adequado às condições que são requeridas.

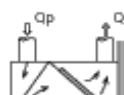
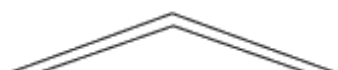
**2. Critérios a ter em conta**

Para efectuar uma ventilação adequada é preciso:

1. Determinar a função a realizar (qual é o tipo de processo a ser efectuado: evacuação de calor, eliminação de pó, etc.) e qual é a sua forma de produção.
2. Fixar o sistema de ventilação adequado: Ventilação ambiental ou Localizada.
3. Calcular a quantidade de ar necessária.
4. Determinar pontos e superfície de entrada de ar.
5. Estabelecer o percurso da circulação do ar.

**3. Tipos de ventilação**

Podemos diferenciar entre dois tipos de ventilação (Fig. 1):



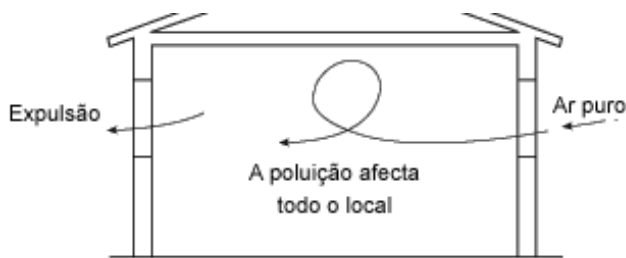


Fig. 1. Ventilação ambiental

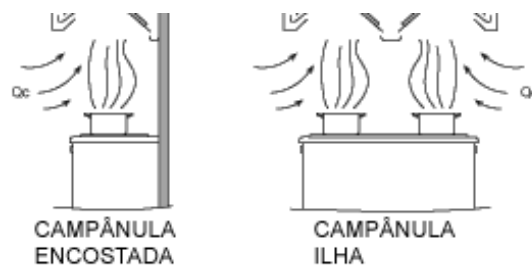


Fig. 2. Ventilação localizada

3.1 Ventilação ambiental

É aquela que é realizada num recinto, renovando todo o volume de ar do mesmo por outro proveniente do exterior. Este tipo de ventilação é o objecto da presente folha técnica.

- Local em depressão em relação a locais adjacentes.
- Em casas de banho e cozinhas de uso particular é possível o funcionamento intermitente da ventilação mecânica.
- O fluxo de ar extraído através de campânulas deve ser superior ao introduzido, conforme indicado nesta tabela, com o objectivo de manter o local em depressão.
- O fluxo de ar de ventilação indicado foi calculado fixando o limite superior de CO e assumindo uma produção total do CO devida ao número máximo de veículos em marcha lenta (hipótese de cálculo: limite superior do CO de 100 ppm, produção do CO de 0,9 l/s por carro, 40 m² de superfície por carro, 1,5% de carros em movimento)
- O sistema de ventilação será controlado mediante sensores de CO.
- Onde houver motores em marcha, dispostos de uma tomada perto de cada escape e descarregaremos directamente à atmosfera.
- O fluxo de ar exterior necessário nos diferentes locais de um laboratório vem determinado pelas vitrinas (se estas não estiverem concentradas num único local).
- Para as zonas nas que se encontrem guardas de animais, o fluxo de ar exterior será determinado conforme o número e tipo de animais (consultar literatura especializada).
- Em certas áreas será necessário calcular o ar de ventilação em relação à produção de substâncias poluentes e manter a concentração de ditas substâncias por debaixo do limite máximo admitido.
- Se as condensações forem eliminadas por meio do ar exterior, o fluxo de ar resultante do cálculo poderá resultar superior ao indicado. O local da piscina ou parque aquático será mantido em ligeira depressão com respeito aos locais adjacentes.
- Usaremos normalmente todo ar exterior.
- Não devemos retornar ar destes locais.
- Barbearias, cabeleireiros, floristas, lojas de móveis, farmácias, lavandarias, comerciais, etc.
- O fluxo de ar de ventilação depende do género armazenado; para mais informação, é preciso consultar a literatura especializada.
- Por sanita, urinol e escoadouro.
- Por cacifo.
- O fluxo indicado é para locais onde não é permitido fumar; caso contrário, o fluxo deverá ser incrementado em 50%.
- Utilizaremos exclusivamente ar proveniente de outros locais.
- Salões de actos, teatros, cinemas, salas de conferências, estudos de televisão, etc.

Tipo de local	Por pessoa	Por m ²	Por local	Outros
Armazéns	-	0,75 a 3	-	-
Parques de estacionamento	-	5	-	-
Arquivos	-	0,25	-	-

Casas de banho públicas	-	-	-	25
Casas de banho individuais	-	-	15	-
Auditórios	8	-	-	-
Aulas	8	-	-	-
Auto-estrada	-	2,5	-	-
Bares	12	12	-	-
Cafés	15	15	-	-
Salas de desporto	-	2,5	-	-
Salas de jantar	10	6	-	-
Cozinhas	8	2	-	-
Descanso (Salas de)	20	15	-	-
Dormitórios colectivos	8	1,5	-	-
Palcos	8	6	-	-
Espera e recepção (Salas)	8	4	-	-
Estudos holográficos	-	2,5	-	-
Exposições (Salas de)	8	4	-	-
Festas (Salas de)	15	15	-	-
Fisioterapia (Salas de)	10	1,5	-	-
Ginásios	12	4	-	-
Arquibancadas de recintos desportivos	8	12	-	-
Grandes armazéns	8	2	-	-
Quartos de hotel	-	-	15	-
Quartos de hospital	15	-	-	-
Tipografias, reprodução e planos	-	2,5	-	-
Jogos (Salas de)	12	10	-	-
Laboratórios	10	3	-	-
Lavandarias industriais	15	5	-	-
Vestíbulos	10	15	-	-
Escritórios	10	1	-	-
Passeios de centros comerciais	-	1	-	-
Corredores	-	-	-	-
Piscinas	-	2,5	-	-
Salas de operações e anexos	15	3	-	-
Reuniões (Salas de)	10	5	-	-
Sanatórios	12	2	-	-
Salas de recuperação	10	1,5	-	-
Supermercados	8	1,5	-	-
Oficinas				
-em geral	30	3	-	-
-em centros docentes	10	3	-	-
-de reparação automática	-	7,5	-	-
Templos para culto	8	-	-	-

Loias

-em geral	10	0,75	-	-
-de animais	-	5	-	-
-especiais	-	2	-	-
UVI	10	1,5	-	-
Vestiários	-	2,5	-	10

Tabla 1. Ventilación ambiental

3.1 Ventilación localizada

Com este tipo de ventilação pretendemos captar o poluente no mesmo local da sua produção, evitando a sua dispersão pelo local.



FICHAS TÉCNICAS



VENTILAÇÃO

VENTILAÇÃO AMBIENTAL II

4. Fluxo

Até há relativamente poucos anos, não existia nenhuma normativa que indicasse qual era o fluxo necessário para a correcta ventilação de determinados ambientes, por isso era aplicada uma tabela de renovações/hora que veremos na folha seguinte.

No entanto, conforme observamos na tabela de fluxos indicados na norma UNE 100-011-91 publicada na folha anterior, esta norma refere-se quase exclusivamente a locais do sector terciário e não dá qualquer orientação sobre os diferentes ambientes industriais, com as excepções dos "Escritórios em geral" e os "Armazéns".

Em consequência, se o tipo de local no qual queremos efectuar uma ventilação ambiental não estiver contemplado no critério anterior, deveremos seguir a nossa "peregrinação" em busca da normativa, se existir, que nos oriente sobre os fluxos adequados.

Podemos encontrar uma fonte de informação na Lei de Prevenção de Riscos Laborais e especialmente no "Real Decreto" 486/1997 de 14 de Abril, publicado no BOE 23-E IV-1997, que fixa as "Disposições Mínimas de Segurança e Saúde nos Locais de Trabalho" e que portanto obrigatoriamente tem que ter incidência em todo o tipo de ambientes laborais. Dentro desta disposição, é especificado o seguinte no seu Capítulo II, Art.7:

A exposição às condições ambientais dos locais de trabalho não deverá supor um risco para a segurança e a saúde dos trabalhadores. Para tal fim, as referidas condições ambientais e, em particular, as condições termo-higrométricas dos locais de trabalho deverão ser ajustadas ao estabelecido no **anexo III**.



Ambiente escritórios

A exposição aos agentes físicos, químicos e biológicos do ambiente de trabalho reger-se-á pelo disposto na sua normativa específica.

Dentro do Anexo III mencionado pelo anterior capítulo, os itens nos quais a ventilação pode ter uma incidência concreta são os seguintes:

Anexo III: Condições ambientais dos locais de trabalho

3. Nos locais de trabalho fechados deverão ser cumpridas, em particular, as seguintes condições:

- a. A temperatura dos locais onde sejam realizados trabalhos sedentários próprios de escritórios ou semelhantes estará compreendido entre 17 e 27°C. A temperatura dos locais onde sejam realizados trabalhos ligeiros estará compreendida entre 14 e 25°C.
- b. A humidade relativa estará compreendida entre 30 e 70 por cento, excepto nos locais onde existam riscos por electricidade estática nos que o limite inferior será de 50 por cento.
- c. Os trabalhadores não deverão estar expostos de forma frequente ou continuada a correntes de ar cuja velocidade exceda os seguintes limites:
 - 1. Trabalhos em ambientes não quentes: 0.25 m/s.



Fig. 1. Ventilador

- 2. Trabalhos sedentários em ambientes quentes: 0.5 m/s.
- 3. Trabalhos não sedentários em ambientes não quentes: 0.75 m/s.

Estes limites não serão aplicados às correntes de ar expressamente utilizadas para evitar o stress em exposições intensas ao calor, nem as correntes de ar condicionado, para as quais o limite será de 0.25 m/s no caso de trabalhos sedentários e 0.35 m/s nos outros casos.

- d. A renovação mínima do ar nos locais de trabalho, será de 30 metros cúbicos de ar limpo por hora e trabalhador, no caso de trabalhos sedentários em ambientes não quentes nem poluídos por fumo de tabaco e de 50 metros cúbicos, nos casos restantes, a fim de evitar o ambiente viciado e os cheiros desagradáveis.

O sistema de ventilação empregado e, em particular, a distribuição das entradas de ar limpo e saídas do ar viciado, deverão assegurar uma efectiva renovação do ar do local de trabalho.

- 4. Para os efeitos da aplicação do estabelecido no item anterior deverão ter-se em conta as limitações ou condições que possam impor, em cada caso, as características particulares do local de trabalho, dos processos ou operações que sejam desenvolvidas nele e do clima da zona em que está localizado.

Em qualquer caso, o isolamento térmico dos locais fechados deve adequar-se às condições climatéricas próprias do local.

Temos já então uma nova orientação obrigatória no que diz respeito à ventilação de ambientes laborais, fixada em 30 ou 50 m³/h por pessoa em função do ambiente.

Além disso, sublinhamos o último parágrafo do item 3 pela sua importância para o objectivo de uma adequada ventilação ambiental de um recinto e sobre a qual voltaremos em folhas posteriores.

Não podemos não considerar que o fluxo "obrigatório" anterior pode ser suficiente para ambientes laborais relativamente normais mas, ao contrário, ser totalmente insuficiente quando o ambiente no qual se encontrem os operários tenha outras fontes poluentes não derivadas do fumo de tabaco, que são as mais habituais em ambientes laborais.



Fig. 2. HCOT



Fig. 3. HCTB

Depois, se tivermos de ventilar um ambiente industrial no qual o processo de fabricação gera um determinado tipo de poluente (fumo, calor, humidade, solventes, etc.) em quantidades molestas ou prejudiciais e não é possível pensar na utilização de sistemas de captação localizada para captar o poluente na fonte de produção, deveremos empregar a ventilação ambiental para obter uns índices de conforto adequados.



Ambiente industrial

Como veremos, não existirão nem padrões nem obrigações, mas sim uns critérios geralmente aceites que serão aplicados para a solução deste tipo de problemas.



FICHAS TÉCNICAS



VENTILAÇÃO

VENTILAÇÃO AMBIENTAL III

4. Fluxo (II)

Finalmente, se o ambiente no qual nos encontramos não está compreendido pela regulamentação do RITE e são insuficientes os fluxos previstos no "Real Decreto" 486/1997 cujos itens mais importantes relativamente à ventilação vimos na folha anterior, deveremos seguir a tradicional, mas não por isso menos útil, tabela de renovações/hora.

Efectivamente, em função do grau de poluição do local será preciso aplicar um maior ou menor número de renovações/hora de todo o volume do mesmo, conforme observamos na tabela 1.

Renovação do ar em locais habilitados**Nº Renovações / hora**

Catedrais	0,5
Igrejas modernas (tectos baixos)	1 - 2
Escolas, aulas	2 - 3
Escritórios de bancos	3 - 4
Cantinas (de Fábricas o militares)	4 - 6
Hospitais	5 - 6
Escritórios gerais	5 - 6
Bar do hotel	5 - 8
Restaurantes de luxo (espaçosos)	5 - 6
Laboratórios (com campânulas localizadas)	6 - 8
Oficinas mecânicas	5 - 10
Tavernas (com pipas presentes)	10 - 12
Fábricas em geral	5 - 10
Salas de juntas	5 - 8
Parques de estacionamento	6 - 8
Salas de dança clássica	6 - 8
Discotecas	10 - 12
Restaurante médio (um terço de fumadores)	8 - 10
Galinheiro	6 - 10
Clubes privados (com fumadores)	8 - 10
Café	10 - 12
Cozinhas domésticas (melhor instalar campânula)	10 - 15
Teatros	10 - 12
Lavatórios	13 - 15
Sala de jogo (com fumadores)	15 - 18
Cinemas	10 - 15
Cafés e fast-food	15 - 18

Cozinhas industriais (indispensável usar campânula)	15 - 20
Lavandarias	20 - 30
Fundições (sem extracções localizadas)	20 - 30
Tinturarias	20 - 30
Padarias	25 - 35
Instalações industriais com fornos e banhos (sem campânulas)	30 - 60
Oficinas de pintura (melhor instalar campânula)	40 - 60

Tabela 1. Tabela de renovações /hora

Esta tabela baseia-se em critérios de Segurança e Higiene no trabalho e pretende evitar que os ambientes cheguem a um grau de poluição ambiental que possa ser prejudicial para os operários, mas sem partir nem do número dos mesmos nem de critérios mais científicos.

Observe-se que, à medida que o grau de eventual poluição do recinto é maior, aumenta a quantidade de renovações a aplicar sendo mais difícil determinar com precisão qual é o número exacto de renovações para conseguir um ambiente limpo com plenas garantias, por isso será a própria experiência que nos orientará em casos como estes, especialmente se forem alcançados níveis de poluição importantes.



FICHAS TÉCNICAS

VENTILAÇÃO

VENTILAÇÃO AMBIENTAL IV



5. Sistemas de ventilação

6. Entrada de ar

5. Sistemas de ventilação

Depois de fixar o fluxo necessário, é preciso ter em conta que para obter o objectivo previsto deveremos criar, no interior da instalação, uma leve corrente de ar entre a entrada de ar e a saída do viciado que "limpe" correctamente toda a instalação ou os pontos onde se gerar a poluição (e que não é possível aspirar mediante sistemas de captação localizada).

Obviamente, a primeira premissa que deve ser cumprida, é que o ar proveniente do exterior tenha umas condições de temperatura, humidade ou nível de poluição adequados e inferiores aos do interior do próprio recinto a ser ventilado.

A seguir determinaremos qual o sistema mais conveniente (extracção, impulsão ou ambas conjuntamente).

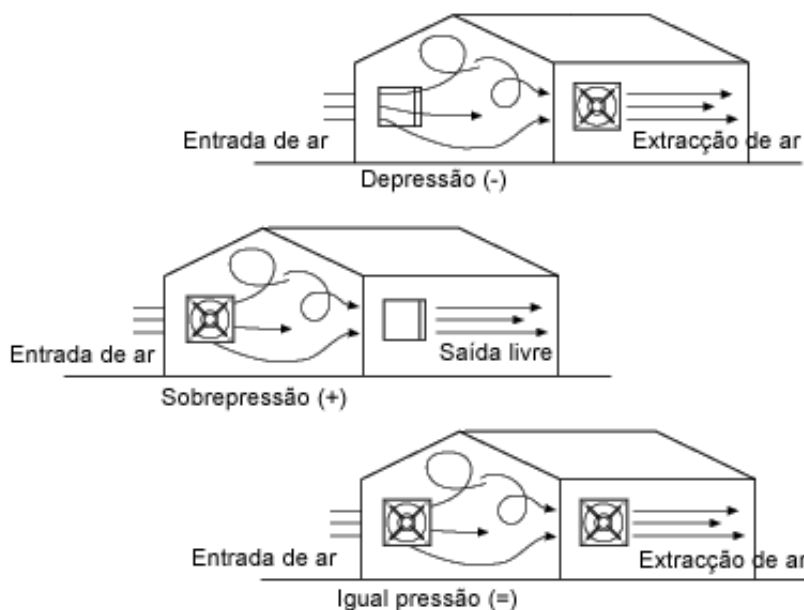


Fig. 1. Esquema de um sistema de ventilação

5.1 Extracção

Lembremos em primeiro lugar uma série de indicações gerais, que fixam a norma a seguir na maioria de casos:

1. As ventradas de ar devem ser diametralmente opostas à localização dos exaustores, de forma que todo o ar cruze a área poluída, tal como já especificávamos na nossa folha anterior.
2. É conveniente, na medida do possível, localizar os exaustores perto do possível

foco de poluição, de maneira que o ar nocivo seja eliminado sem atravessar todo o local.

3. Devemos tentar que o exaustor não esteja perto de uma janela aberta ou de outra possível entrada de ar, dado que o ar entrará pela mesma e será aspirado e expulso, provocando o que é conhecido como curto-circuito de ar (entrada e saída tão próximas que o ar só recircula entre ambos os pontos), sem que se produza a ventilação prevista (infelizmente este erro produz-se frequentemente em instalações industriais adjacentes, nas quais os exaustores estão perto dos portões de acesso às mesmas, que se encontram permanentemente abertos).

O sistema de extracção evita as correntes incómodas de ar, dado que até praticamente o nível do ponto de aspiração (tanto se se tratar de aspiração mediante grelhas e condutas, como se se tratar de exaustores localizados directamente na parede) a velocidade do ar é inapreciável, tal como observamos na Fig. 2.

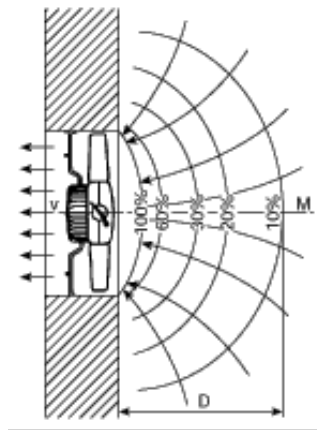


Fig. 2. Esquema de um sistema de extracção

O poluente dirige-se para pontos concretos, por exemplo o ar ou fumos quentes que se acumulam debaixo do tecto, podendo ser extraídos praticamente à medida que se produzem. Como inconveniente deste sistema, especialmente em fluxos importantes, teríamos a dificuldade em controlar as condições do ar de entrada, provenientes do exterior e que é preciso substituir o ar extraído.

5.2 Impulsão

Tratar-se-ia de introduzir ar proveniente do exterior para o interior dos locais a serem ventilados diluindo os poluentes interiores ao mesmo tempo que ao sobrepressionar levemente o recinto para provocar a saída do ar interior para o exterior do mesmo.

É requerida, de forma habitual, a utilização de condutas e grelhas para obter a correcta distribuição do ar pelo interior do recinto, para evitar correntes de ar sobre as pessoas que pudessem resultar incómodas.



Fig. 3. Grelha para extracção do ar

Este sistema é de difícil utilização por si só, naqueles locais nos quais o grau de poluição interior seja elevado, pelas dificuldades que implica ter um bom controlo sobre o referido poluente evitando que este tenha acesso às zonas dos locais aos quais não chegava sem qualquer ventilação, e ao contrário é óptimo naqueles que, podendo controlar as condições do ar a insuflar, pretendemos evitar a entrada de poluentes exteriores, como por exemplo pó, para as salas a ventilar (por exemplo, o caso de sobrepressão de uma sala de manobra, com quadros eléctricos, localizada numa pedreira).

5.3 Sistema combinado impulsão-extracção

Não sempre dispomos de aberturas directas ao exterior onde seja possível localizar as entradas de ar ou efectuar as descargas ou não podemos estar pendentes das suas aberturas ou fechos, por isso com certa frequência, e em função do grau de ventilação desejado, é recomendável a utilização conjunta dos sistemas anteriores para obter uma correcta limpeza de todo o ambiente a ventilar.

Habitualmente a utilização de ambos os sistemas anda associada à utilização de condutas e grelhas, tanto para impulsão como para extracção, que nos permitiriam obter uma óptima distribuição do ar, bem como o controlo das características do ar introduzido, caso seja necessário.



Fig. 4. CVAB



Fig. 5. Ventilador

Neste tipo de montagens serão utilizados ventiladores (ou exaustores) que deverão ser capazes de assegurar o fornecimento ou evacuação de ar até o último ponto da conduta, e para isso serão calculadas as perdas de carga que apresentarão as condutas à passagem de ar, item que analisaremos em folhas posteriores.



6. Entrada de ar

Nos itens anteriores remarcamos a importância da necessidade de prever entradas de ar e de localizar correctamente as mesmas para obter um sistema de ventilação efectivo. É necessário conhecer qual é a dimensão necessária para permitir dita entrada.

Como conceito geral, é preciso prever, como entrada, quatro vezes a secção do próprio exaustor a usar, embora seja possível calcular a secção livre mínima no suposto de umas velocidades máximas, isto é:

- ambientes industriais: $25 \div 4 \text{ m/s}$
- ambientes terciários: $0,7 \div 1 \text{ m/s}$

Depois de conhecer o fluxo e a velocidade máxima, será fácil determinar a secção de entrada correspondente:

$$SE = Q / 3600 \times V$$

Em qualquer caso localizaremos as entradas com uma dimensão e naqueles pontos, se houver opção para escolher, nos quais a velocidade de ar criada não possa provocar incómodos às pessoas.

Para dita entrada, caso não existam janelas, podemos utilizar grelhas adequadas para tal fim.



FICHAS TÉCNICAS



VENTILAÇÃO

VENTILAÇÃO EM AMBIENTES EXPLOSIVOS I

1. Classificação
2. Atmosfera explosiva
3. Atmosfera potencialmente explosiva
4. Ponto de inflamação de um líquido
5. Temperatura de auto-ignição de um líquido
6. Limites de explosividade
7. Energia necessária para a ignição de vapores
8. Por compressão

Pode resultar útil definir alguns conceitos e expor os comportamentos dos líquidos, vapores e gases em circunstâncias de inflamáveis e explosão para expor depois o controlo que pode ser exercido com uma ventilação adequada das atmosferas contendo tais elementos.

Os líquidos em si não são inflamáveis, são os vapores que deles se desprendem os que com a aplicação de uma chama ou faísca provocam fogo ou explosão. Estes vapores precisam de uma determinada proporção de ar e a presença de uma fonte de ignição para entrar em inflamabilidade.

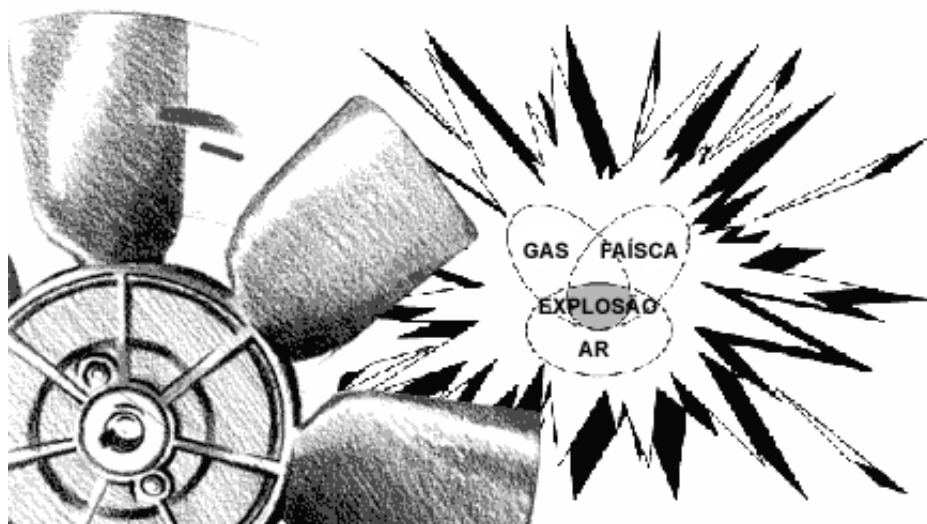


Fig. 1. Explosão

Assim, os vapores da gasolina devem estar presentes entre 1,4% e 7,6% num volume de ar para explodir. Por isso é necessário manter a gasolina líquida em recipientes estanques e reduzir ao máximo o seu contacto com o ar durante o seu manuseio.

As técnicas de prevenção de incêndios e explosões baseiam-se em eliminar as fontes de ignição, evitar o contacto com o ar, fazer um armazenamento estanque dos líquidos, utilizar uma atmosfera de gás inerte e **usar uma ventilação adequada para diluir as misturas** e impedir concentrações de gases inflamáveis.

A gasolina não é o único líquido que emite vapores inflamáveis a temperatura ambiente. Na tabela final da folha figuram muitos outros líquidos combustíveis e inflamáveis de uso comum.

Devemos ter em conta o ponto de inflamação, temperatura de ignição, limites de inflamabilidade, índice de

evaporação, reactividade ao calor, densidade, índice de difusão, além de outros factores, para uma correcta avaliação do risco a que estamos expostos. Quando o incêndio foi declarado ou a explosão foi provocada, todos estes factores perdem importância e o controlo do sinistro passa a outro nível.

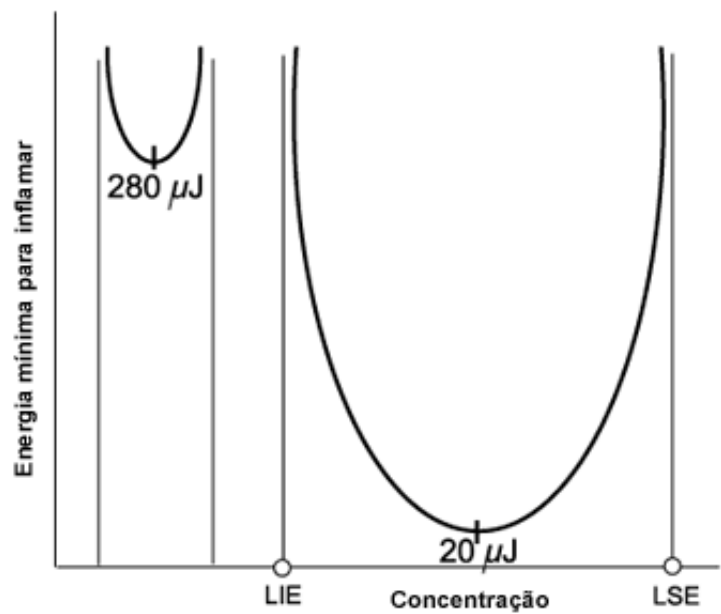


Fig.2. Gás metano + ar

1. Classificação

A associação americana NFPA define um líquido como um fluido com uma pressão de vapor inferior a 172 kPa a 38 °C. Outra classificação estabelece três categorias de líquidos inflamáveis esquematizados nas tabelas 1 e 2.

Líquidos inflamáveis (Pontos de inflamação < 38°C)

Classe	Ponto de inflamação	Ponto de ebulição	Observações
IA	< 23 °C	< 38 °C	Em zonas geográficas que podem alcançar os 38 °C, basta um aquecimento moderado para que o líquido alcance o seu ponto de inflamação.
IB	< 23 °C	> 38 °C	
IC	> 23 °C < 38 °C		

Tabela 1. Líquidos inflamáveis

Líquidos combustíveis (Pontos de inflamação > 38°C)

Classe	Ponto de inflamação	Observações
II	≥ 38 °C < 60 °C	-
IIIA	≥ 60 °C < 93 °C	Requerem para a sua ignição uma considerável afluência de calor de uma fonte distinta do ambiente
IIIB	≥ 93 °C	

Tabela 2. Líquidos combustíveis

Muitos produtos combustíveis são sólidos a temperatura de 38 °C ou mais, mas ao aquecer-se

transformam-se em líquidos que emitem vapores inflamáveis. Ceras, polimentos, etc. devem ser considerados sob o ponto de vista dos líquidos e vapores nos que se transformam ao aquecer-se.

2. Atmosfera explosiva

É toda mistura de ar, em condições atmosféricas, de substâncias inflamáveis em forma de gás, vapor, nevoeiro ou pó nas que depois de uma ignição, a combustão propaga-se à totalidade da mistura não queimada. (Definição contida na Directiva 94/9/CE).

A temperatura de inflamação está definida por testes normalizados conforme a CEI-79-4. O factor tempo influi também poderosamente como podemos deduzir da Fig. 3 do metano (grisu das minas).

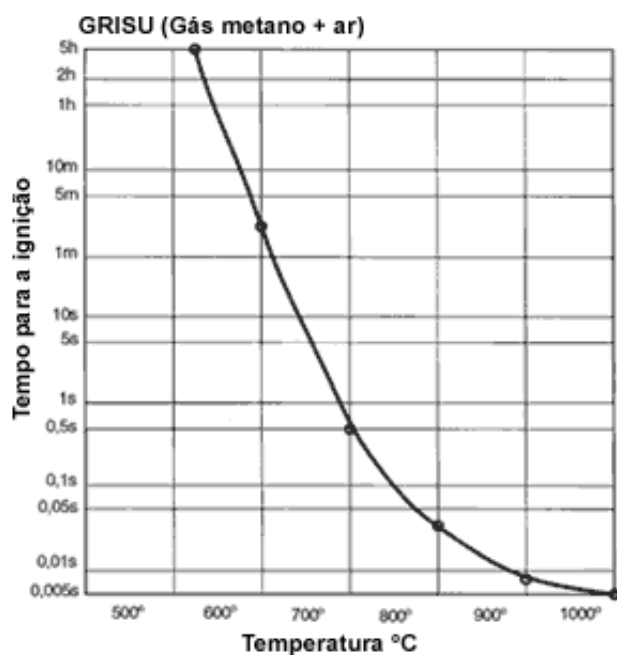


Fig. 3. Grisu (Gás metano + ar)

A energia mínima de inflamação expressa em mJ (mili joules) indica-se como exemplo na tabela 3.

Líquidos inflamáveis (Pontos de inflamação < 38°C)

Classe		Gás / Ar	Mínima m
I	Metano	8,3 ± 0,3	220
IIA	Propano	5,25 ± 0,25	250
IIB	Etileno	7,8 ± 0,5	96
IIC	Hidrogénio	21 ± 2	20

Tabela 3. Líquidos inflamáveis

3. Atmosfera potencialmente explosiva

É chamada assim quando o risco só existe em estado potencial, isto é, quando a atmosfera pode chegar a ser explosiva devido às condições locais e de funcionamento.

4. Ponto de inflamação de um líquido

Corresponde à temperatura mais baixa à que a pressão de vapor do líquido pode produzir uma mistura inflamável no limite inferior de inflamabilidade. Isto é: sem vapor não há inflamação. Quanta mais temperatura, mais vapor. Há uma temperatura mínima na que há suficiente vapor para inflamar. É o **Ponto de Inflamação**.

Existem aparelhos normalizados para realizar os testes que determinam este ponto.

5. Temperatura de auto-ignição de um líquido

É a temperatura à que um líquido deve aquecer-se para que entre em ignição espontânea e arda.

Também está normalizado o método para determinar esta temperatura.

Em geral a temperatura de ignição diminui ao aumentar o peso molecular do líquido. Como exemplo podemos ver a Fig. 4.

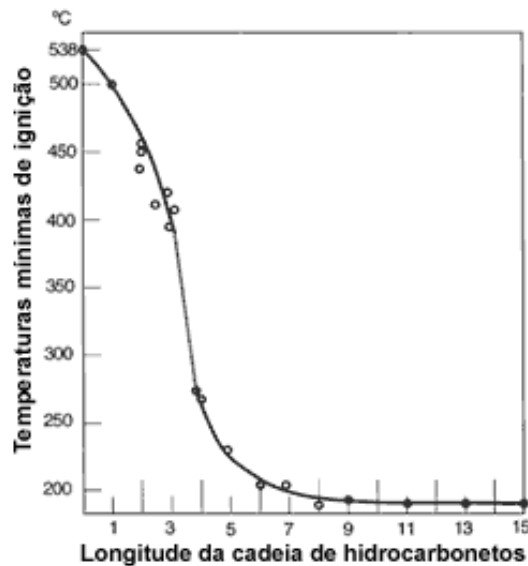


Fig. 4. Gráfica de ignição

6. Límites de explosividad

"Limite Inferior de Explosividad" LIE, é aquele em que a concentração mínima de vapor-ar por debajo da qual o fogo não se propaga.

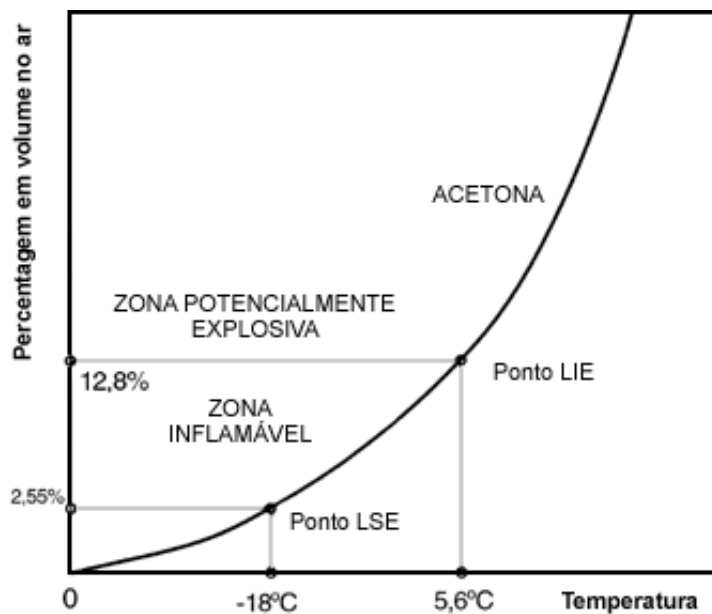


Fig. 5. Gráfica do LIE

E o "Limite Superior de Explosividade" LSE, como a máxima concentração de vapor-ar acima da qual o fogo não se propaga.

Por debaixo do LIE consideramos que a mistura é "demasiado pobre" para arder e por cima do LSE é "demasiado rica" também para arder. Neste caso, tratando-se de motores de explosão, dizemos que se "sufoca".

Os limites de explosividade são fortemente influídos pela temperatura e a pressão a que está submetido o líquido inflamável. Os vapores que flutuam sobre um líquido reduzem-se ao aumentar a pressão que se opõe à vaporização e aumentam quando desce esta pressão. Também, a maior temperatura, o líquido terá maior pressão de vapor e tenderá a evaporar-se em maiores quantidades. O ponto de equilíbrio só pode ser alcançado obviamente em sistemas fechados como em reservatórios, tubagens, etc. Ao ar livre o líquido valorizável continuaria a evaporar-se até o seu total esgotamento.



7. Energia necessária para a ignição de vapores

As fontes de ignição podem ser muito diversas.

- **Calor**
Produzido por atritos em máquinas com funcionamento anormal, desgaste, rupturas, etc. As superfícies quentes, devem ter dimensões e temperatura suficientes para poder inflamar.
- **Chamas**
Que sejam capazes de aquecer o vapor até a temperatura de ignição da mistura
- **Faíscas**
As produzida por fricção, de breve duração, podem não chegar a inflamar misturas. As faíscas eléctricas, ao contrário, sim podem ter energia suficiente e são capazes de produzir ignição das misturas inflamáveis.



8. Por compressão

Podem provocar-se explosões muito destrutivas, a menos que estejam controladas e dirigidas,

como é o caso dos cilindros dos motores Diesel, onde a compressão rápida de uma mistura inflamável, de diesel, gera o calor suficiente até ao seu ponto de ignição.

A tabela seguinte contém uma lista de produtos com indicação das suas características físicas e os limites de explosividade LIE e LSE. Também expressamos o MAC, a máxima concentração aceitável para a vida dos seres humanos. É um dado necessário ao tratar-se das atmosferas de recintos fechados, instalações ou armários em processos industriais nos que exista a presença humana, dado que a ventilação de uma atmosfera para assegurar o seu risco de explosão nulo pode não ser suficiente para a saúde dos ocupantes.

Na segunda parte desta Folha Técnica, **Ventilação em Ambientes Explosivos II**, daremos as fórmulas para calcular a afluência de ar que assegure manter a atmosfera por debaixo do LIE.

Matérias	Peso molecular	Peso específico kg/m ³	Limites de explosividade		Máxima concentração	
			Inferior LIE	Superior LSE	p.p.m.	mg/m ³
Acetaldeído	44,05	0,821	3,97	57,00	100	180
Acetato de etilo	88,10	0,901	2,18	11,40	400	1.400
Acetato de metilo	74,08	0,928	3,15	15,16	200	610
Acetato de n-propilo	102,13	0,886	1,77	8,00	200	835
Acetato de n-amilo	130,18	0,879	1,10	-	100	532
Acetato de n-butilo	116,16	0,882	1,39	7,55	150	713
Acetona	58,08	0,792	2,55	12,80	1.000	2.400
Acido acético	60,05	1,049	5,40	-	10	25
Acrilonitrilo	53,06	0,806	3,05	17,00	2	4,3
Álcool etílico	46,07	0,789	3,28	18,95	1.000	1.900
Álcool isoamílico	88,15	0,812	1,20	-	100	361
Álcool isopropílico	60,09	0,785	2,02	11,80	400	983
Amoníaco	17,03	0,597	15,50	27,00	25	18
Anidrido sulfuroso	64,07	2,264	-	-	5	13
Anidrido acético	102,09	1,082	2,67	10,13	10	25
Anidrido carbónico	44,01	1,53	-	-	5.000	9.000
Anilina	93,12	1,022	75,6	-	5	19
Benzeno	78,11	0,879	1,4	7,10	10	30
Bromo	159,83	3,119	-	-	0,1	0,7
Brometo de etilo	109,98	1,43	6,75	11,25	200	891
Brometo de metilo	94,95	1,732	13,50	14,50	20	80
Butadieno	54,09	0,621	2	11,50	10	22
Butano	58,12	2,085	1,86	8,41	800	1.900
Butanol	74,12	0,810	1,45	11,25	100	300

Butanone	72,1	0,805	1,81	9,50	200	590
Cianeto de hidrogénio	27,03	0,688	5,60	40,00	10	11
Ciclo hexano	84,16	0,779	1,26	7,75	300	1.030
Ciclo propano	42,08	0,720	2,40	10,40	-	-
Cloro	70,91	3,214	-	-	1	3
Clorofórmio	119,39	1,478	Não inflamável		10	50
Cloreto de etilo	64,52	0,921	3,6	14,80	1.000	2.640
Cloreto de metilo	50,49	1,785	8,25	18,70	50	103
Cloreto de vinilo	62,50	0,908	4,00	21,70	500	1.300
Dicloroetileno	96,95	1,291	9,7	12,80	5	20
Diclorometano	98,97	1,257	6,2	15,9	50	174
Dicloreto de propileno	112,99	1,159	3,4	14,5	75	347
Disulfido de carbono	76,13	1,263	1,25	50	-	-
Estireno	104,14	0,903	1,1	6,1	50	213
Éter etílico	74,12	0,713	-	-	400	1.200
Etoxietanol	90,12	0,931	2,6	15,70	5	18
Formaldeído	30,03	0,815	7,0	73,00	5	6
Formiato de etilo	74,08	0,917	2,75	16,40	100	303
Formiato de metilo	60,05	0,974	4,5	20,00	100	246
Fosfato de hidrogénio	34,00	1,146	-	-	0,3	0,4
Gasolina	86	0,68	1,3	6,00	300	890
Heptano	100,20	0,684	1,1	6,70	400	1.640
Hexano	86,17	0,66	1,18	7,40	100	360
Metanol	34,04	0,792	6,72	36,50	200	260
Metilpropilcetona	86,13	0,816	1,55	8,15	-	-
Monóxido de carbono	28,10	0,968	12,5	74,20	50	55
Octano	114,22	0,703	0,95	3,2	300	1.450
Óxido de etileno	44,05	0,887	3,00	80,00	1	1,8
Ozono	48,00	1,658	-	-	0,1	0,2
Pentano	72,15	0,625	1,40	7,80	600	1.800
Percloroetileno	165,85	1,624	Não inflamável		100	670
Propano	44,09	1,554	2,12	9,35	-	-
Sulfuro de carbono	76,13	1,263	1,25	50,00	20	60
Sulfureto de hidrogénio	34,08	1,189	4,3	45,50	10	14

Tetracloruro de carbono	153,84	1,595	Não inflamável		10	65
Tolueno	93,12	0,866	1,27	6,75	100	375
Tricloroetileno	131,40	1,466	No inflamable		100	535
Xileno	106,16	0,881	1,0	6,00	100	435

Tabla 4. Líquidos según materias



FICHAS TÉCNICAS



VENTILAÇÃO

VENTILAÇÃO EM AMBIENTES EXPLOSIVOS II

Como indicamos na Folha Técnica Ventilação em Ambientes Explosivos I ao tratar das técnicas de prevenção de incêndios e explosões, a ventilação pode cumprir uma importante missão evitando atmosferas potencialmente explosivas, que se encontrem por debaixo do LIE, Limite Inferior de Explosão, mantendo-as em baixo risco e diluindo as contribuições de gases ou vapores que se produzem.



Fig. 1. Explosão

Isto é de grande importância em processos industriais realizados em fornos, aquecedores e secadores. O cálculo resulta fácil se a quantidade de solvente é conhecida.

O fluxo de ar que deve fornecer a ventilação é onde:

$$Q \text{ (m}^3/\text{h)} = \frac{22,4 \times P \times 100 \times C \times S}{P_m \times \text{LIE} \times B}$$

en donde:

- Pe = Peso específico do solvente
- Pm = Peso molecular do solvente
- C = Coeficiente de segurança entre 4 e 12
- S = Litros/hora do solvente a diluir
- LIE = Limite Inferior Explosividade %
- B = Constante igual a 1 para temperaturas até 120 °C. Para temperaturas superiores deve ser tomado =0,7

Uma vez conhecido este valor é preciso colocar as bocas de extracção de ar o mais perto possível dos focos poluentes, que o circuito de ar que se estabeleça passe por zona nociva para arrastar os vapores prejudiciais e que cheguem ao exterior sem atravessar os locais ocupados pelo pessoal. Finalmente, é preciso procurar que o ar expulso não entre novamente, por isso colocaremos afastadas umas das outras as bocas de saída e as de entrada de ar no local.

Este cálculo é válido para recintos não ocupados por pessoal. Neste caso o cálculo deve ser efectuado considerando a máxima concentração do tóxico permitida para os humanos, é o término conhecido como MAC, que depende das substâncias perniciosas do produto, da uniformidade da sua distribuição, da situação do ventilador que determina a direcção de arrasto do poluente, etc. O seu valor deve ser tomado entre 3 e 10.

Assim a fórmula anterior é:

$$Q \text{ (m}^3 \text{ / h)} = \frac{22,4 \times P_e \times 100 \times S \times K}{P_m \times \text{MAC}}$$

onde:

- K = 3 a 10
- MAC = Máxima concentração aceitável em %

Os valores do LIE e MAC estão recolhidos na tabela na última página da Folha Técnica Ventilação em Ambientes Explosivos I. É preciso efectuar o cálculo baseando-se no LEI e no MAC fazendo prevalecer o resultado que for mais elevado.

Se houver mistura de gases podemos considerar a mistura como formada por um só componente com o LIE mais baixo ou seja utilizando o maior fluxo de ar. Se desejarmos fazer um cálculo mais preciso podemos utilizar a fórmula de Le Chatelier,

$$\text{LIE} = \frac{100}{\frac{\%_2}{\text{LIE}_2} + \frac{\%_3}{\text{LIE}_3} + \dots}$$

onde % é a percentagem em peso do componente na mistura.

Um exemplo do exposto:

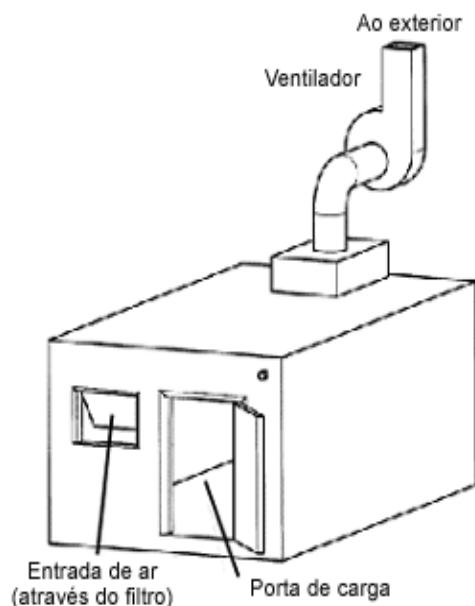


Fig. 2. Aquecedor de secagem de peças estáticas pintadas ou envernizadas

Umas peças envernizadas devem ser secadas num aquecedor a 175 °C. O solvente volátil é Tolueno do que evapora um litro por hora de forma uniforme (isto é importante: uniformemente durante uma hora). Que fluxo de ar exterior, puro necessitamos para diluir os vapores de Tolueno abaixo do seu Limite Inferior Explosivo?

$$\begin{aligned}
 Q \text{ (m}^3/\text{h)} &= \\
 &= \frac{22,4 \times P_e \times 100 \times C \times S}{P_m \times \text{LIE} \times B} = \\
 &= \frac{22,4 \times 0,866 \times 100 \times 10 \times 1}{92,12 \times 1,27 \times 0,7} = 237 \text{ m}^3/\text{h}
 \end{aligned}$$

Como esta fórmula se refere a condições normais, aplicaremos a Lei de Charles e Gay Lusac para conhecer o fluxo necessário a 175 °C a que trabalha o aquecedor:

$$\begin{aligned}
 Q_2 &= Q_1 \frac{t_2 + 273}{t_1 + 273} = \\
 &= 237 \frac{175 + 273}{20 + 273} = 362 \text{ m}^3/\text{h}
 \end{aligned}$$

Este fluxo, 360 m³/h aproximadamente, é o que deverá proporcionar o sistema de ventilação do aquecedor. Isto é, insuflar 360 m³ de ar cada hora, de forma uniforme, continuada ou extrair este mesmo volume horário, prevendo uma entrada de ar através de um filtro em todo caso.

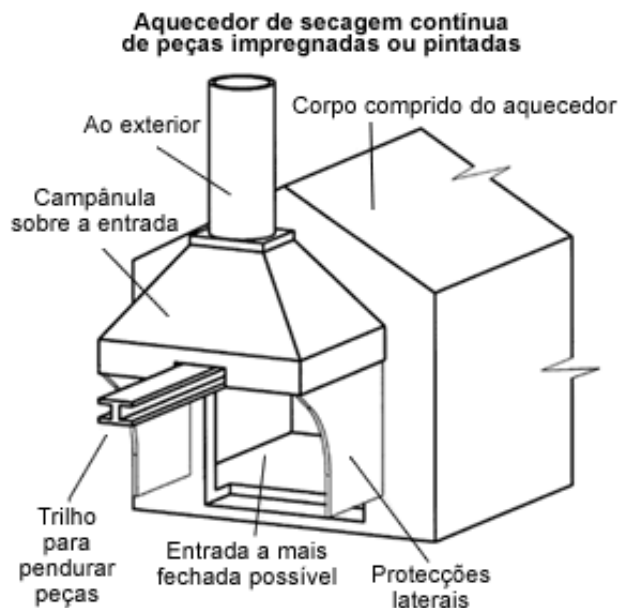


Fig. 3. Aquecedor de secagem contínua de peças impregnadas ou pintadas

Outro exemplo:

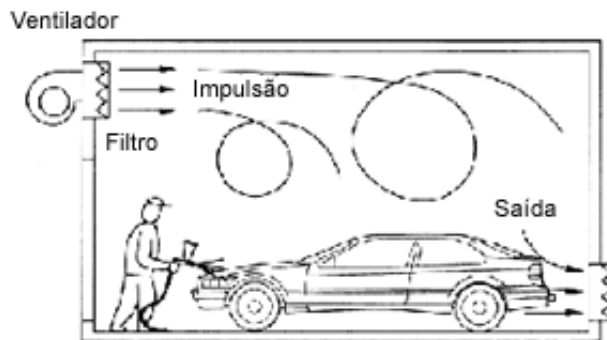


Fig. 4. Cabina de pintura com pistola

A pintura em cabinas e espaços fechados com evaporação de solventes voláteis ao ambiente interior, constitui um caso de atmosfera eventualmente explosiva com presença humana cuja ventilação de diluição deve calcular-se para que não ultrapasse nem o LIE, Limite Inferior Explosivo, nem o MAC, Máxima Concentração Aceitável.

Numa cabina de pintura com pistola para carros, manual, com os operários pintores dentro da mesma, que evapora dois litros de xylol por hora, trabalhando a temperatura ambiente, que fluxo de ar é preciso para diluir o poluente?

Para manter o ambiente abaixo do LIE é preciso um fluxo de:

$$Q = \frac{22,4 \times 0,881 \times 100 \times 8 \times 2}{106,16 \times 1 \times 1} = 300 \text{ m}^3/\text{h}$$

mas como a cabina de pintura está ocupada por seres humanos, deveremos calcular o fluxo necessário para diluir o poluente a valores da Máxima Concentração Aceitável, o MAC, para o que resulta:

$$\begin{aligned} Q &= \frac{22,1 \times P \times 10^6 \times S \times K}{P_n \times \text{MAC}} = \\ &= \frac{22,1 \times 0,881 \times 10^6 \times 2 \times 6}{106,16 \times 100} = \\ &= 22.300 \text{ m}^3/\text{h} \end{aligned}$$

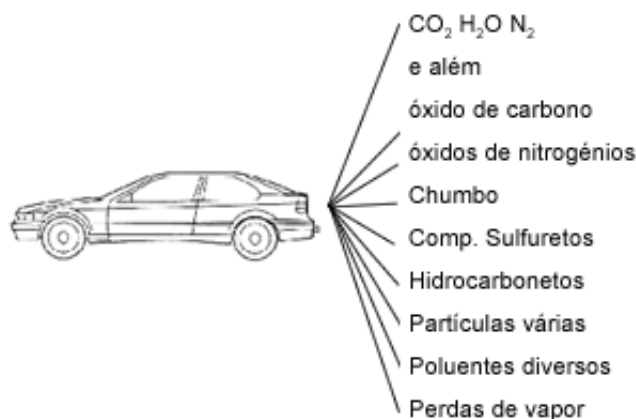


Fig. 5. Veículos

Os veículos a motor dentro de um parque de estacionamento soltam ao ambiente múltiplos componentes, inclusive os carburantes de gasolina e diesel e os seus vapores, se por avaria ou

acidente se perfurarem os reservatórios, os quais podem acumular-se e produzir uma atmosfera explosiva. A ventilação obrigatória por exigências da saúde dos ocupantes deve ser calculada também para diluir os gases e vapores produzidos abaixo do seu MAC, Máxima Concentração Aceitável.

Neste caso, como a segurança para a saúde dos operários exige 22.300 m³/h, muito superior aos 300 que são necessários para impedir explosões, ventilaremos em função da Higiene Industrial com o que ficará suficientemente protegida a instalação contra o perigo de explosão

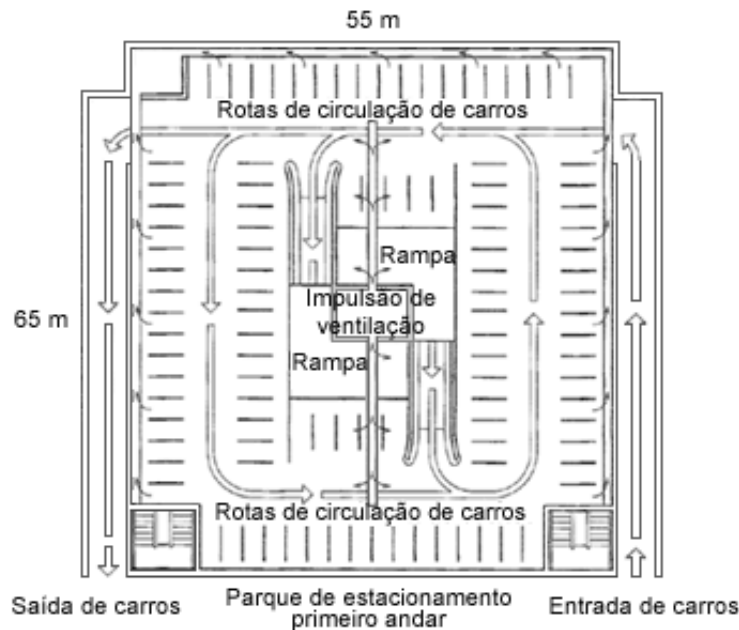


Fig. 6. Parque de estacionamento subterrâneo

É preciso lembrar que as misturas de ar e gases inflamáveis podem explodir quando alcançam a sua temperatura de inflamabilidade. Basta que uma pequena parte da mistura alcance esta temperatura para que se produza a ignição ou a explosão, a qual se propaga por toda a mistura de alta velocidade acelerada. Geralmente a causa da explosão é uma faísca em contacto com o gás.

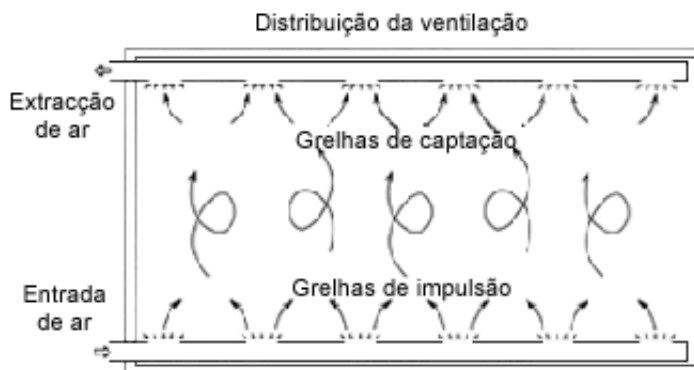


Fig. 7. Distribuição da ventilação

Planta de um parque de estacionamento subterrâneo com indicação da entrada E e a saída S.

O exemplo de cálculo da ventilação de um parque de estacionamento subterrâneo, está na Folha Técnica Casos de Aplicação, Ventilação de parques de estacionamento I e Ventilação de parques de estacionamento II.

A explosão somente ocorre quando o gás inflamável está presente numa proporção determinada no ar ou o oxigénio. Por exemplo:

- Uma mistura de ar e metano (grisu) somente é explosiva se o conteúdo de metano ultrapassar 5,3 %
- Uma de hidrogénio e ar o é quando o conteúdo for maior de 4,1 %
- O acetileno só explode no ar quando o seu conteúdo está compreendido entre 2,8 e 65 %
- Os limites de detonação para uma mistura de ar e monóxido de carbono são 15 – 75 %
- Ar e gás do sistema de iluminação: 10 - 20 %
- Ar e benzeno: 1 - 60 %
- Ar e amoníaco: 16 - 27 %

Quando os vapores de muitos solventes voláteis se misturarem com o ar em determinadas proporções, também são inflamáveis e podem causar explosões. Vaporizam-se grandes quantidades de solventes quando pintarmos com pistola objectos grandes e pequenos, quando desengordurarmos objectos metálicos, etc.

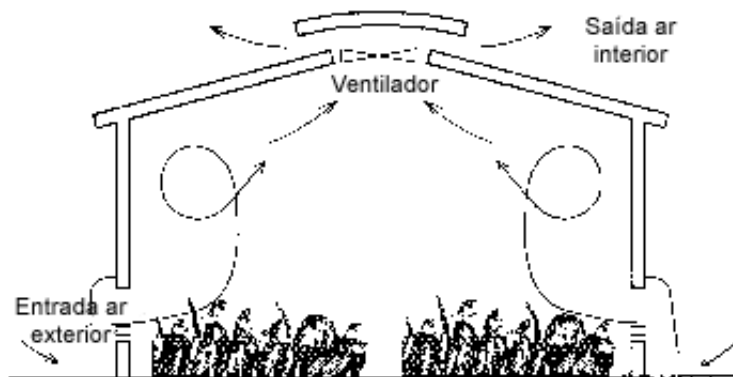


Fig. 8. Quintas de animais e estufas

As quintas de animais e as estufas agrícolas podem acumular gases e vapores que podem ser qualificados de atmosferas eventualmente explosivas pelo que expõem os animais e as plantas e, nomeadamente, pelos gases dos carburantes, líquidos ou gasosos, dos sistemas de aquecimento.

Por isso, no cálculo da ventilação necessária para a saúde de animais e plantas deve ser atendido além da prevenção de uma possível existência de uma atmosfera potencialmente explosiva.

É preciso ter em conta o que dissemos para controlar atmosferas potencialmente explosivas para que se encontrem abaixo do LIE, Limite Inferior Explosivo, evitando com a ventilação, que seja ultrapassado este limite. Mas quando uma atmosfera estiver entre o LIE e o LSE bastará uma fonte de energia, chama, faísca, calor, etc., para provocar a explosão e o seu controlo escapa da simples ventilação, devendo intervir especialistas, bombeiros, peritos de segurança, etc. para proceder.

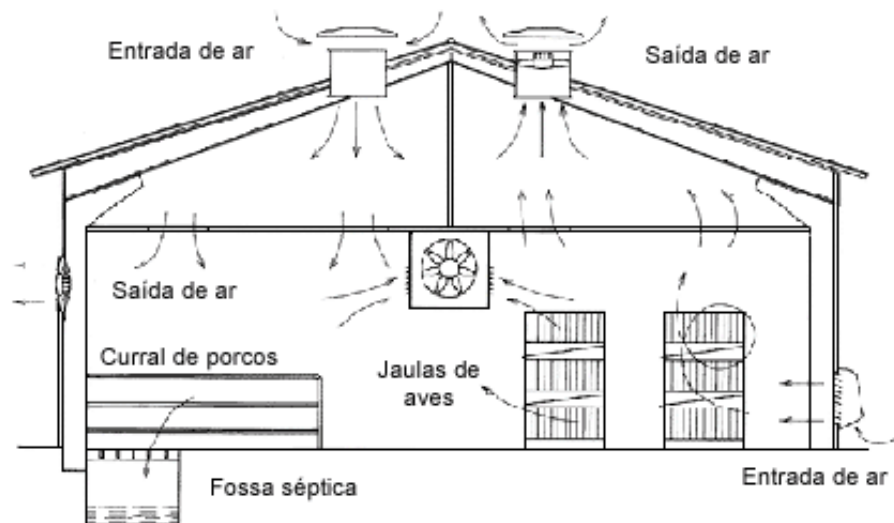


Fig. 9. Ventilação de uma quinta

E quando a atmosfera estiver acima do LSE também não é aconselhável a ventilação, pois com o ar fornecido só conseguimos baixar o LSE e entrar na zona intermédia, entre o LSE e o LIE, repetindo a situação anterior.

