

A IMPORTÂNCIA DE UMA BOA DISTRIBUIÇÃO DO AR



Os elementos terminais de um sistema centralizado de ventilação ou Ar Condicionado (AVAC), como as grelhas ou difusores, constituem o interface visual entre esse próprio sistema AVAC e a arquitectura dos espaços interiores.

É de vital importância uma análise cuidada das várias soluções possíveis de modo a conseguir-se:

CONFORTO TÉRMICO & CONFORTO VISUAL

Por outro lado o novo regulamento RSECE levado à prática tem "forçado" todos os agentes que actuam na área da construção de edifícios a repensar a sua estratégia no sentido da **Qualidade do Ar Interior (QAI)** com a **necessária eficiência energética e adequado programa de manutenção**.

Torna-se cada vez mais pertinente em cada caso real uma correcta escolha do sistema AVAC e o seu correcto dimensionamento de modo a conseguirem-se os objectivos do parágrafo anterior.

Entre os vários parâmetros importantes que contribuem para a **QAI** há três, em particular, que uma boa **distribuição do ar** deve garantir em todo o espaço ocupado:

Velocidade residual do ar entre 0,05 e 0,20 m/s

Temperatura ambiente entre 23 e 25°C

Nível de pressão sonora máximo 40 dB(A)

Queremos com este caderno técnico ajudá-lo a seleccionar, dimensionar, documentar e avaliar custos de várias soluções de distribuição do ar possíveis para o seu caso real.

Estamos certos que dispõe de bons e flexíveis instrumentos de trabalho para poder executar o seu projecto de distribuição do ar. Pode contudo contar com o apoio das equipas da Contimetra e Sistimetra para o ajudar se assim o desejar. Teremos o maior prazer no seu contacto.

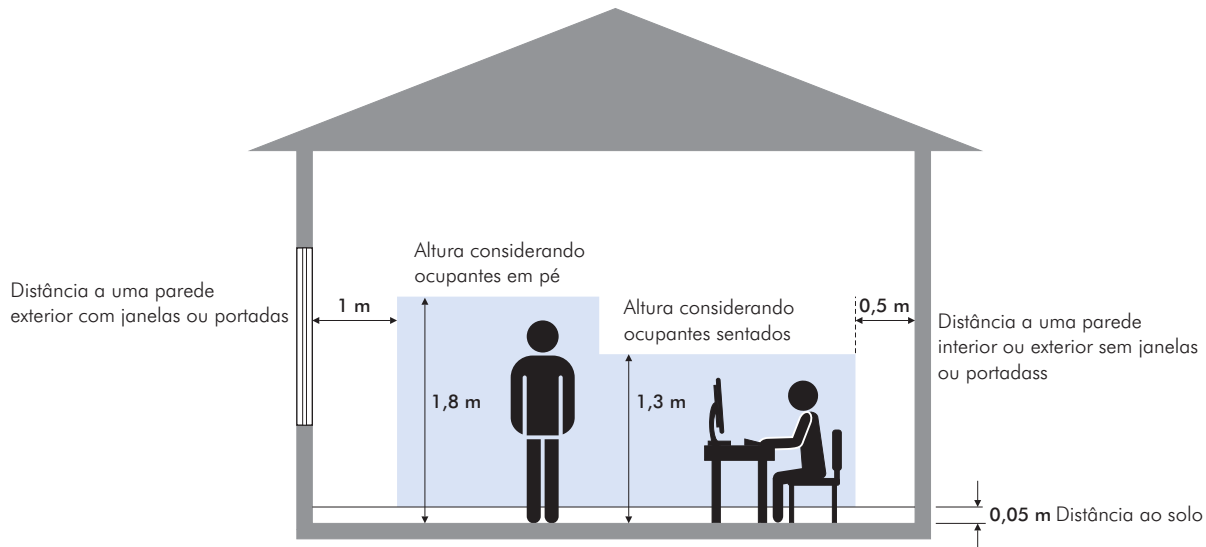
Janeiro / 2011

O Director técnico/comercial

António Sampaio

1 - CONFORTO SIM, MAS ONDE ?

Segundo a norma **EN 13779**, a zona ocupada define-se como sendo, por defeito, o volume representado na figura abaixo.



É apenas na zona ocupada que devem ser garantidos os valores regulamentares de conforto nomeadamente a velocidade do ar residual máxima de 0,2 m/s.

A RETER:

NA ZONA OCUPADA DEVEM-SE OBSERVAR OS SEGUINTE VALORES:

- Ruído (nível de pressão sonora) < 40 dB(A)⁽¹⁾
- Temperatura: entre 20 e 26°C
- Humidade relativa: entre 40 a 60 % Hr
- Velocidade média do ar: entre 0,05 e 0,15 m/s (como máximo 0,2 m/s)
- Nível de turbulência do ar: < 20%⁽¹⁾
- Diferenças de temperaturas entre a altura do tornozelo e altura da cabeça < 2°C (máximo 3°C)⁽²⁾

⁽¹⁾ Ver apêndice nº 1 (página 15)

⁽²⁾ Supõe-se pessoas sentadas em espaços com distribuição por deslocamento do ar (displacement)

2 - COMO DISTRIBUIR O AR CORRECTAMENTE ?

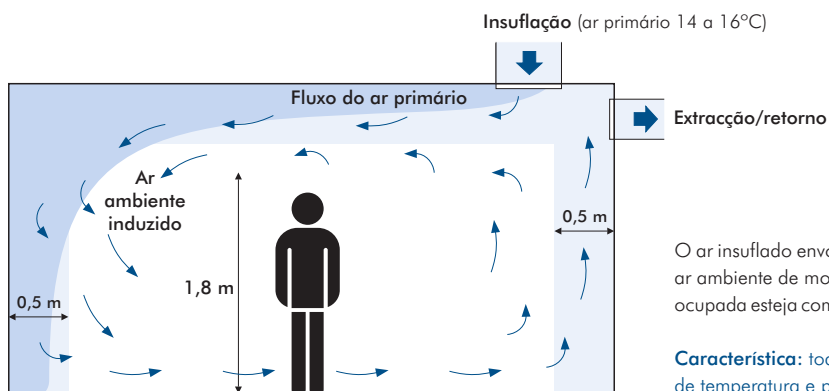
A REter:

- 2.1 Só uma boa estratégia de difusão do ar conduz a uma zona ocupada com velocidades do ar e estratificação de acordo com os regulamentos.
- 2.2 Só a força dinâmica do ar de insuflação faz a movimentação controlada do ar na zona ocupada. A extracção do ar, pouca ou nenhuma influência tem na distribuição do ar na zona ocupada.
- 2.3 A insuflação do ar tratado no espaço ambiente pode ser feita de acordo com duas estratégias sobejamente conhecidas dos profissionais de AVAC:

Difusão por mistura de ar

Difusão por deslocamento de ar

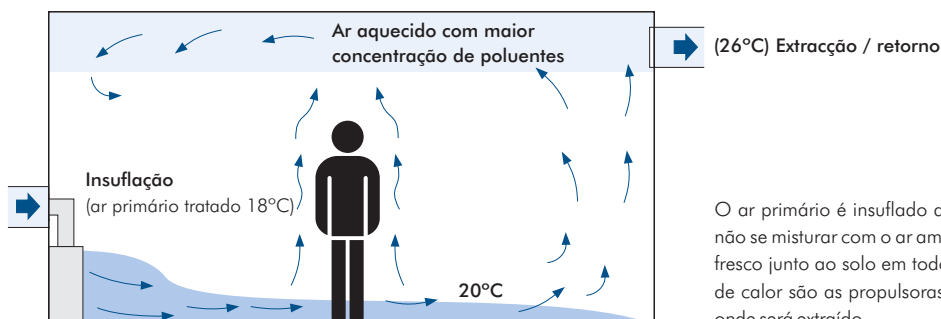
2.3.1 DIFUSÃO POR MISTURA DO AR AMBIENTE



O ar insuflado envolve toda zona ocupada e arrasta (induz) ar ambiente de modo a que a velocidade residual na zona ocupada esteja compreendida entre 0,05 e 0,20 m/s.

Característica: todo o espaço é homogéneo em termos de temperatura e poluentes.

2.3.2 DIFUSÃO POR DESLOCAMENTO DO AR (Displacement)




O ar primário é insuflado a baixa velocidade por forma a não se misturar com o ar ambiente. É criada uma zona de ar fresco junto ao solo em todo o espaço ambiente. As fontes de calor são as propulsoras deste ar para a zona superior onde será extraído.

Características: os ocupantes são banhados constantemente por ar tratado e com baixo teor de poluentes. Há no entanto uma estratificação das temperaturas do ar desde o nível do chão até à zona do tecto.

3 - INSUFLAÇÃO DO AR - QUE COMPONENTES USAR ?

TABELA ORIENTATIVA									
TIPO DE ESPAÇO	APLICAÇÃO	CONDIÇÕES		GRELHAS	COMPONENTE / MODELO OU FAMÍLIA DE PRODUTOS				
		Número de renovações por hora	VAC CAUDAL CONSTANTE VAV CAUDAL VARIÁVEL		DIFUSORES				DESLOCAMENTO
					MISTURA				
				RADIAIS	LINEARES	ROTACIONAIS	COM PLACA PERFORADA		
PÉ-DIREITO ATÉ 4 METROS									
Conforto Escritórios Escolas Hospitais Salas de espectáculos Corredores	Ventilação	< 10	VAC	++	++	++	++	++	++
			VAV	+	+	+	++	+	++
	Arrefecimento	10 - 20	VAC	—	++	++ (*)	++	++	++
			VAV	—	+	++ (*)	++	+	++
	Aquecimento	20 - 30	VAC	—	—	—	++	—	—
			VAV	—	—	—	++	—	—
PÉ-DIREITO ELEVADO >5 METROS									
Conforto & Ambiente industrial	Só ventilação ou Ventilação com Arrefecimento	Na prática não há limitação	VAC	Grelhas DUK, DUE, DUE-M VDL, VD, VDR QL	Injectores de ar Difusores rotacionais de longo alcance Difusores de deslocamento				
Conforto / Industrial	Ventilação Arrefecimento Aquecimento		VAV não se aplica	DGSELF DGVAR DUK, DUE VDL, VD, VDR	Grelhas termoactuadas Grelhas motorizadas Injectores de ar motorizados Difusores rotacionais motorizados de longo alcance				
Auditórios com apertados requisitos acústicos	Ventilação Arrefecimento Aquecimento Baixo nível sonoro		VAC ou VAV	SD, SDRF FBA, FBK QL	Difusores de degrau Difusores de chão Difusores de deslocamento				

	++	Próprio para a aplicação
	+	Aceitável sob determinadas circunstâncias
	—	Não aconselhável
	(*)	Insuflação horizontal

4 - COMO DIMENSIONAR GRELHAS E DIFUSORES ?

CONSIDERAÇÕES GERAIS

INSUFLAÇÃO DO AR

Tendo em linha de conta a diversidade de aplicações possíveis vamos apresentar, em traços gerais, os passos a seguir na selecção/dimensionamento, que lhe permitirá definir com algum rigor, grelhas e difusores para o seu projecto concreto.

PASSOS A SEGUIR

- 1** Escolher os difusores e grelhas de acordo com a tabela orientativa (pág. anterior) tendo como base a estética pretendida pela equipa de arquitectura.
- 2** Com base nas tabelas de selecção rápida de cada produto (ou família de produtos) disponível neste preçário escolher tamanhos mais adequados tendo em atenção os "Parâmetros Característicos a observar nos espaços de conforto" (pág. 2).
Em alternativa aconselhamos fortemente a utilização do programa/software Easy Product Finder
- 3** Confirmar a selecção feita considerando os valores exactos dos "Parâmetros de conforto" aplicados ao projecto concreto fazendo uso do(s) folheto(s) técnico(s) dos produto(s) seleccionado(s) e/ou do programa/software **Easy Product Finder**.

Disponível em: www.contimetra.com

Intuitivo e de fácil interpretação/utilização
Interface CAD 3D
Verificação das dimensões
Exportação DXF

Não tem custos de utilização.
Download sem necessidade de registo.

SOFTWARE

Easy Product Finder



INSUFLAÇÃO EM ESPAÇOS COM 2,6 A 4 METROS DE PÉ-DIREITO

AS GRELHAS

Têm uma forte limitação como elementos de difusão uma vez que não podem ser montadas no tecto e a sua montagem na parede condiciona o caudal máximo a insuflar.

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ■ UTILIZAÇÃO
Espaços reduzidos | <ul style="list-style-type: none"> ■ LOCALIZAÇÃO
O mais alto possível (junto ao tecto) |
| <ul style="list-style-type: none"> ■ CAUDAL MÁXIMO ($\dot{V}_{m\acute{a}x}$)
Não deve exceder as 10 renovações por hora ou seja:
$\dot{V}_{m\acute{a}x} \simeq$ Volume da sala \times Número de renovações/hora | <ul style="list-style-type: none"> ■ TIPO DE GRELHA
Dupla fiada de lâminas móveis e registo de regulação de caudal (ex. AT-D(G), VAT-D(G), etc.) ou de lâminas horizontais fixas e 2º conjunto de lâminas verticais móveis (ex. AH-D(G)) |

$$\dot{V}_{m\acute{a}x} \simeq 10 \times \text{Volume da sala/h}$$

OS DIFUSORES ROTACIONAIS

Constituem a solução mais adequada tanto em flexibilidade de montagem (podem ser montados em espaços com ou sem tecto falso), como ao nível da indução do ar ambiente como ainda na variação do caudal nominal. São próprios para sistemas VAV.

OS DIFUSORES RADIAIS

Constituem a solução adequada para esta situação desde que o número de renovações não exceda as 20.

É imprescindível a sua montagem em tecto falso caso contrário a sua performance baixa consideravelmente. Não são tão flexíveis quanto os difusores rotacionais. Em sistemas VAV é necessário uma atenção particular ao caudal mínimo aceitável.

OS DIFUSORES LINEARES

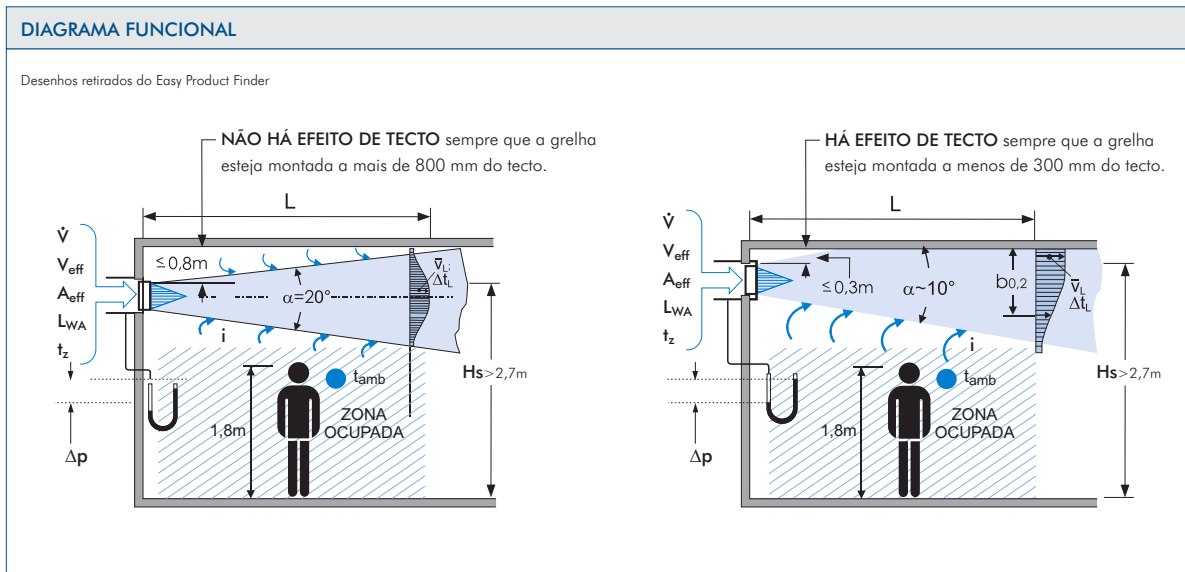
(Séries VSD35, VSD50 e KST) constituem uma óptima solução de difusão tendo em linha de conta a distribuição uniforme em todo o espaço, sendo bastante flexíveis na orientação do fluxo de ar - considerando a orientabilidade dos seus mini-deflectores (com 15 cm de comprimento) - conseguindo também um elevado grau de indução. Em sistemas VAV é necessário uma atenção particular ao caudal mínimo aceitável.

OS DIFUSORES DE DESLOCAMENTO

(Série QL) constituem uma escolha óptima em espaços onde a qualidade do ar é uma variável importante. Podendo ser hoje usado em qualquer tipo de espaço é fortemente indicado em espaços com pé-direito elevado (grandes halls, salas de espectáculo, etc.)

A TROX tem ao seu dispôr uma grande variedade de soluções e ferramenta de selecção (programa/software Easy Product Finder) que lhe permite seleccionar e documentar com detalhe a sua aplicação.

GRELHAS NA SITUAÇÃO DE INSUFLAÇÃO



CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS

- Aplicação:** Espaços com pé direito superior a 2,6 m
- Número de renovações de espaço:** Até 6 (máximo 10)
- Localização:** Parede (**não deve ser montada no tecto**)
- Perfil do jacto de ar:** Com efeito de tecto

ZONA OCUPADA, PARÂMETROS - CARACTERÍSTICOS

L_{WA}	< 45dB(A)
V_{eff}	2 a 3 m/s
t_z	13 a 28 °C
t_{amb}	20 a 26°C
L_{PA}	< 40 dB(A)
V_L	<0,5 m/s
Δt_L	< 2°K
$b_{0,2}$	<H - 1,8 m
H_s	> 2,6 m

A REZER:

Da análise dos parâmetros do fluxo do ar à distância "L" a TROX (*) assegura que:

"Se a velocidade residual do ar na zona ocupada à distância "L" for inferior, ou igual, a 0,2 m/s então o mesmo se passa em todo o espaço dessa zona."

(*) Ensaios levados a cabo nos seus laboratórios e salas de ensaio reconhecidos por entidades oficiais competentes.

$$V_{eff} = \frac{\dot{V}}{A_{eff} \times 3600}$$

\dot{V} (m³/h)
 A_{eff} (m²)
 V_{eff} (m/s)

- (1) Na prática pode-se considerar que o espaço ambiente atenua cerca de 5 dB(A). Ou seja $L_{PA} \cong L_{WA} - 5$ db(A).
- (2) $b_{0,2}$: este parâmetro permite avaliar se a grelha em análise pode ou não ser utilizada num espaço:
 H_s (pé direito do espaço) - $b_{0,2} > 1,8m$ (ocupantes em pé)
 H_s (pé direito do espaço) - $b_{0,2} > 1,3m$ (ocupantes sentados)
- (3) i - indução: é definido como a relação entre volume de ar em movimento à distância "L" e o caudal de ar de insuflação.

LEGENDA

V_{eff}	m/s	Velocidade efectiva (à saída da grelha)
A_{eff}	m ²	Área efectiva da grelha ou na situação de insuflação
\dot{V}	m ³ /h	Caudal de ar total
L_{WA}	dB(A)	Nível de potência sonora gerada na grelha
$L_{PA}^{(1)}$	dB(A)	Nível de pressão sonora
L	m	Distância da grelha à qual se analisam os parâmetros aerodinâmicos, habitualmente é o alcance máximo no espaço ambiente a ventilar
t_{amb}	°C	Temperatura ambiente
$b_{0,2}^{(2)}$	m	Distância do tecto à qual a velocidade do ar é 0,2 m/s à distância "L"
H	m	Altura da localização da grelha em relação à zona ocupada
t_z	°C	Temperatura do ar insuflado
t_L	°C	Temperatura do ar de insuflação junto ao tecto à distância "L"
Δt_z	°K	Diferença de temperatura $t_z - t_{amb}$
Δt_L	°K	Diferença de temperatura $t_L - t_{amb}$
i (3)		Indução do ar ambiente à distância "L"
Δp	Pa	Diferença entre a pressão estática na conduta de insuflação e a pressão do ar ambiente

GRELHAS NA SITUAÇÃO DE INSUFLAÇÃO

CASO PARTICULAR DE ESPAÇOS COM PÉ-DIREITO ENTRE 2,6 E 3 METROS

DIAGRAMA FUNCIONAL - JACTO DA GRELHA DIRECCIONADO PARA UMA PAREDE INTERIOR

A RETER:

Dimensionamento correcto da grelha de acordo com a norma **EN 15 251 Categoria II**, que aconselha uma velocidade residual média em toda a zona ocupada igual ou inferior a **0,2 m/s** deve ser tal que:

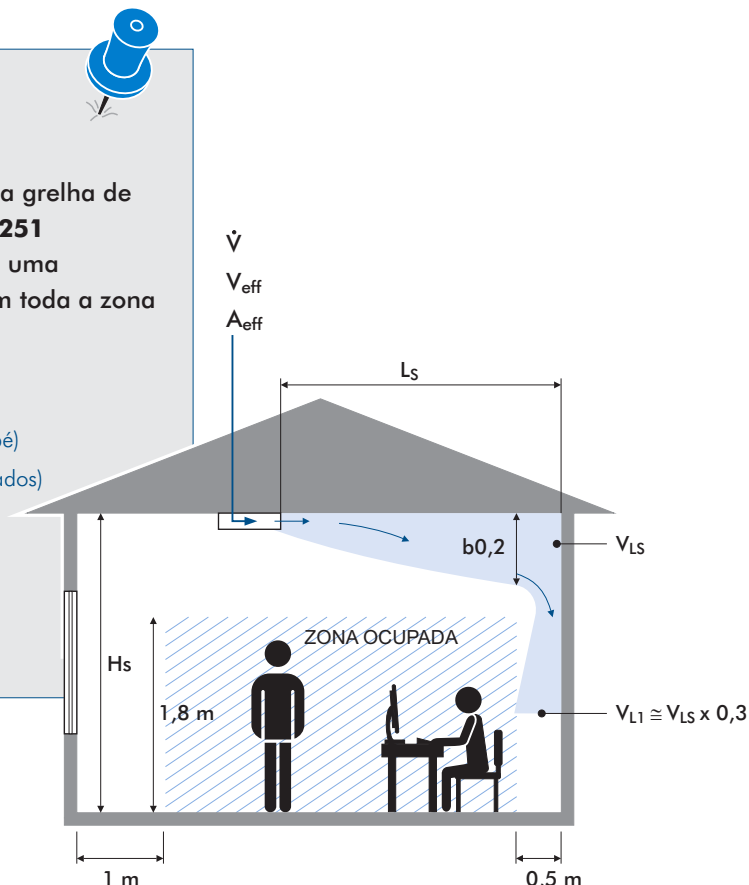
$$b0,2 \leq H_s - 1,8 \text{ m (ocupantes em pé)}$$

$$b0,2 \leq H_s - 1,3 \text{ m (ocupantes sentados)}$$

$$V_{LS} \leq 0,6 \text{ m/s }^{(1)}$$

$$V_{eff} \geq 2 \text{ m/s}$$

$$L_{WA} \leq 40 \text{ dB(A)}$$

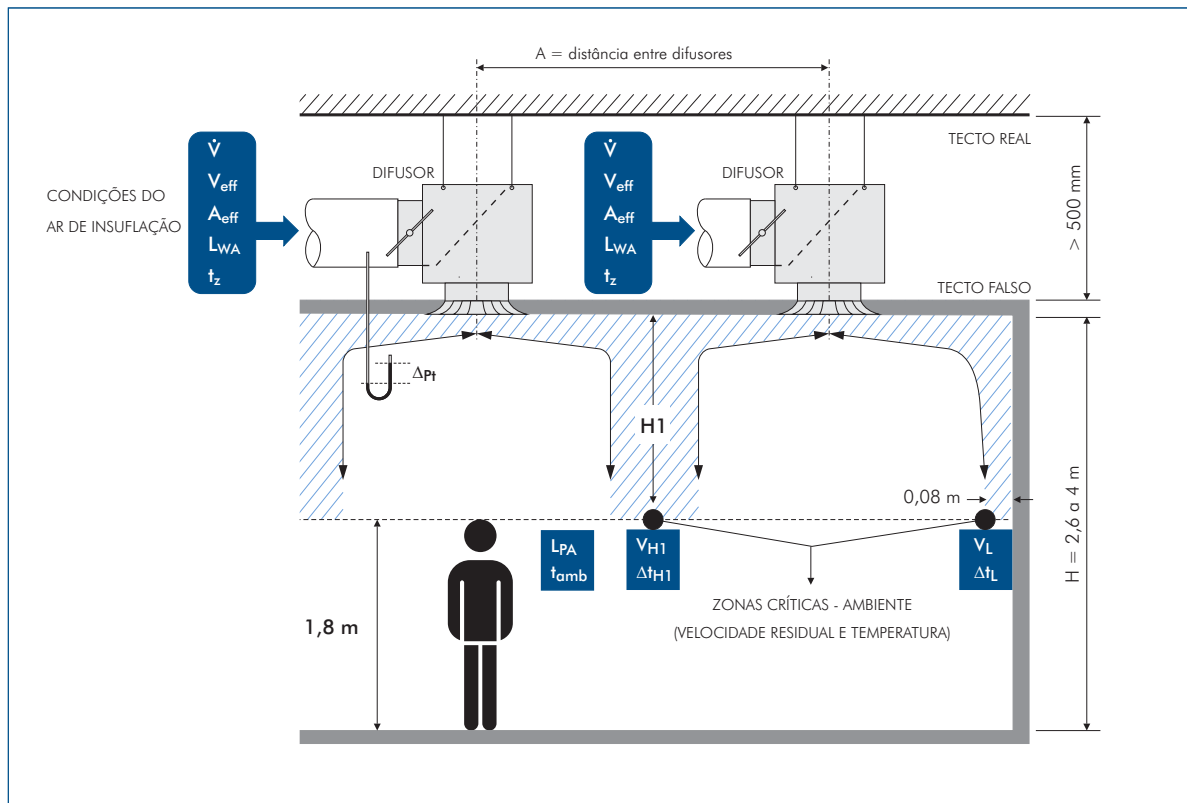


⁽¹⁾ No caso de na parede oposta houver janelas ou portadas - trata-se de uma parede dita "exterior", sujeita directamente a cargas exteriores - esta velocidade pode atingir valores superiores uma vez que a zona ocupada deve começar a 1 metro da mesma. Como limite aconselha-se $V_{LS} \leq 0,8 \text{ m/s}$

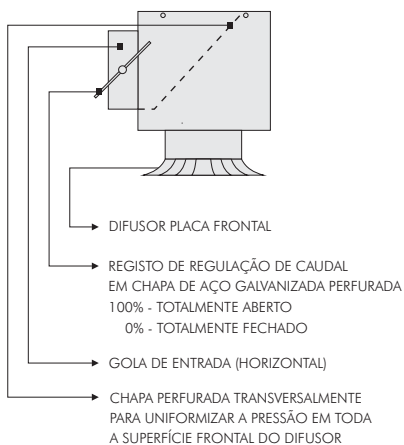
LEGENDA

V_{eff}	m/s	Velocidade do ar à saída da grelha
A_{eff}	m ²	Área efectiva da grelha na situação de insuflação
\dot{V}	m ³ /h	Caudal de ar
L_{WA}	dB (A)	Nível de potência sonora
L_s	m	Distância da grelha de insuflação à parede oposta
$b0,2$	m	Distância ao tecto, na vizinhança da parede oposta onde a velocidade residual do ar é 0,2 m/s
V_{LS}	m/s	Velocidade do jacto de ar junto ao tecto à distância L_s
V_{L1}	m/s	Velocidade residual do ar ambiente no limite da zona ocupada junto à parede - medida a 0,5 m da mesma.
H	m	Pé direito do espaço

INSUFLAÇÃO DO AR ATRAVÉS DE DIFUSORES NO TECTO



DIFUSOR - COMPOSIÇÃO TIPO



LEGENDA (Valores usuais)

\dot{V}	Caudal do ar de insuflação (100 a 700 m ³ /h)
t_{amb}	Temperatura ambiente (21 a 25°C)
V_L	Velocidade residual junto à parede (0,3 a 0,7 m/s)
$H1$	Distância entre o tecto e o limite superior da zona ocupada (0,8 a 1,2 m)
V_{H1}	Velocidade residual à altura $H1$ entre dois difusores adjacentes (0,05 a 0,20 m/s)
Δt_{H1}	Diferença de temperaturas (<2°K) (t_{H1} e t_{amb})
A_{eff}	Área efectiva do difusor
Δt_z	Diferença de temperaturas (-12 a 4°K) (t_z e t_{amb})
V_{eff}	Velocidade efectiva do ar à saída do difusor (2,3 a 6 m/s)
Δp_t	Perda de carga total (15 a 60 Pa)
L_{WA}	Nível de potência sonora gerado no difusor (<45dB(A))
L_{PA}	Nível de pressão sonora no ambiente, $L_{PA} \cong L_{WA} - 5dB$ (<40dB(A))

A RETER:

A TROX ⁽¹⁾ assegura que:

"Se a velocidade V_{H1} for inferior a 0,2 m/s e a velocidade V_L for inferior a 0,4 m/s então em toda a zona ocupada teremos uma velocidade residual inferior a 0,2 m/s."

(1) Ensaios levados a cabo nos seus laboratórios e salas de ensaio reconhecidos por entidades oficiais competentes.

$$V_{eff} = \frac{\dot{V}}{A_{eff} \times 3600}$$

\dot{V} (m³/h)
 A_{eff} (m²)
 V_{eff} (m/s)

INSUFLAÇÃO DO AR ATRAVÉS DE DIFUSORES NO TECTO

DIFUSORES RADIAIS - PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO/APLICAÇÃO

- De uma forma geral esta família de difusores é caracterizada por uma insuflação radial, ou seja uma saída do ar, a partir do difusor, uniforme em todas as direcções - normalmente em 360°.

EXEMPLOS DE DIFUSORES RADIAIS :



ADLQ



ADLR

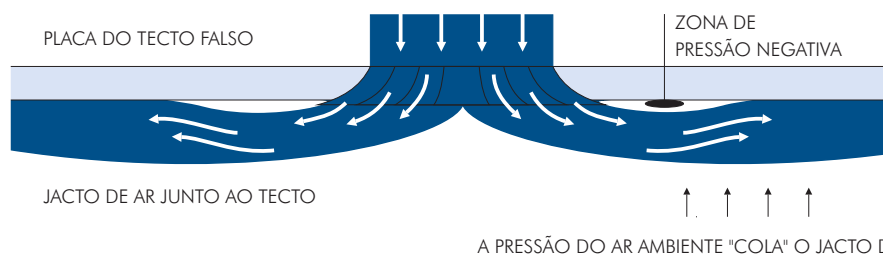


VSD

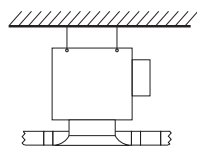
PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO: EFEITO DE TECTO OU EFEITO DE COANDA

Condições para se conseguir este efeito:

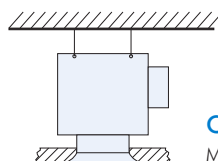
Desenho apropriado do difusor tanto na forma das suas lâminas deflectoras e seu espaçamento como na velocidade efectiva do ar ($V_{eff} > 2m/s$).



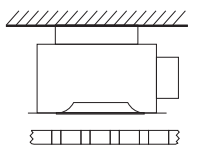
APLICAÇÃO



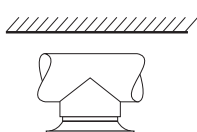
ERRADO
Montagem com pleno num tecto falso quadriculado



CORRECTO
Montagem com pleno num tecto falso



ERRADO
Montagem com pleno acima dum tecto falso quadriculado



ERRADO
Montagem directa à conduta

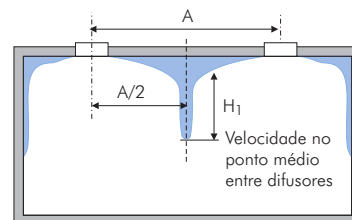
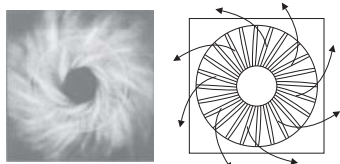
A REter:

A aplicação de difusores radiais deve ser sempre ser feita em tecto falso, caso contrário o seu efeito, de indução do ar ambiente, é reduzido.

INSUFLAÇÃO DO AR ATRAVÉS DE DIFUSORES NO TECTO

DIFUSORES ROTACIONAIS - PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO/APLICAÇÃO

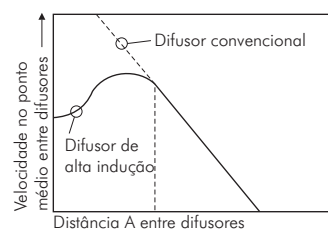
Estes difusores são apelidados de rotacionais ou de alta indução tendo em conta o efeito de "rotação" que o ar por eles insuflado provoca no ar-ambiente.



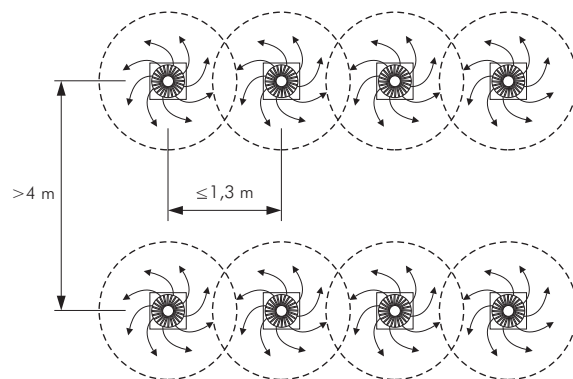
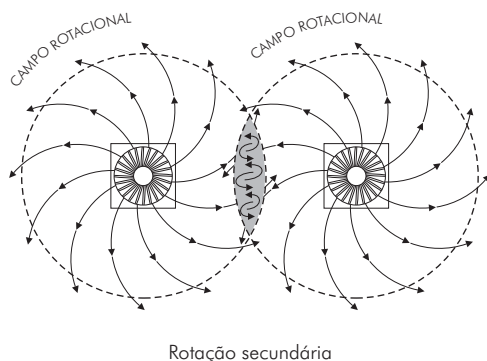
Difusores múltiplos no espaço

VANTAGENS:

- Rápida uniformização da velocidade do ar e da temperatura na zona de ocupação.
- Permite um elevado caudal de ar para remoção de carga térmica ambiente (até 30 renovações/hora) tendo em conta que poderão ser colocados em fiadas com distância entre eles muito curta (até 1,2 m) sem que se verifique desconforto na zona de ocupação.

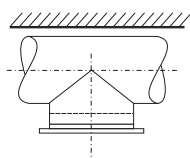


Características do difusor

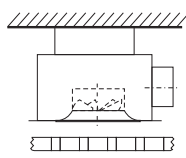


Grande número de difusores em espaços com elevado número de renovações/hora

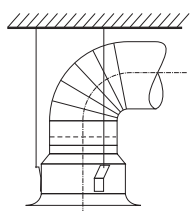
MONTAGENS POSSÍVEIS



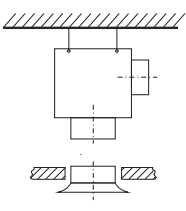
Montagem directa à conduta



Montagem por cima de um tecto falso de quadrícula



Livrementemente suspenso



Montagem com pleno num tecto falso

A REETER:

Os difusores rotacionais apresentam várias vantagens em relação aos difusores radiais:

- Maior nível de indução do ar ambiente
- Aplicação em sistemas VAV (com variações de caudal entre 25% a 100%)
- Flexibilidade de montagem

INSUFLAÇÃO DO AR ATRAVÉS DE DIFUSORES NO TECTO

DIFUSORES RADIAIS



ADLQ



ADLR

DIAGRAMA FUNCIONAL - PLANTA

Desenho retirado do Easy Product Finder

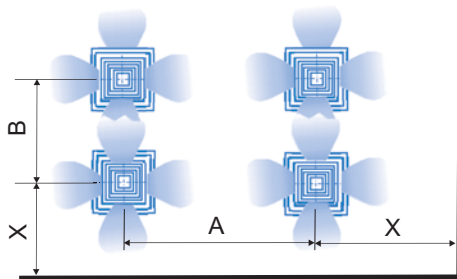
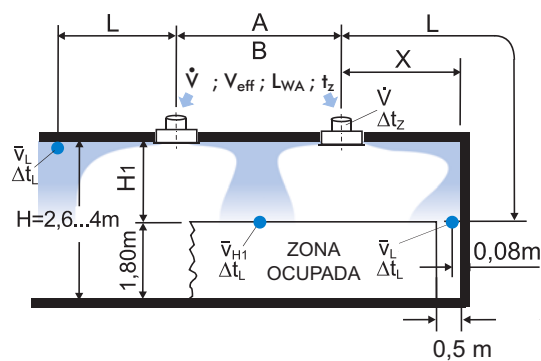


DIAGRAMA FUNCIONAL - CORTE

Desenho retirado do Easy Product Finder



A REZER:

$$V_{\text{eff}} = \frac{\dot{V}}{A_{\text{eff}} \times 3600}$$

\dot{V} (m³/h)
 A_{eff} (m²)
 V_{eff} (m/s)

A TROX ⁽¹⁾ assegura que:

"Se a velocidade V_{H1} for inferior a 0,2 m/s e a velocidade V_L for inferior a 0,4 m/s então em toda a zona ocupada teremos uma velocidade residual inferior a 0,2 m/s."

(1) Ensaios levados a cabo nos seus laboratórios e salas de ensaio reconhecidos por entidades oficiais competentes.

(2) Na prática pode-se considerar que o espaço ambiente atenua cerca de 5 dB(A). Ou seja $L_{PA} \cong L_{WA} - 5 \text{ dB(A)}$.

ZONA OCUPADA, PARÂMETROS - CARACTERÍSTICOS

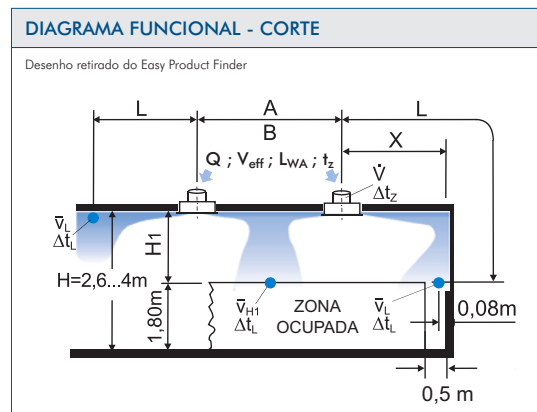
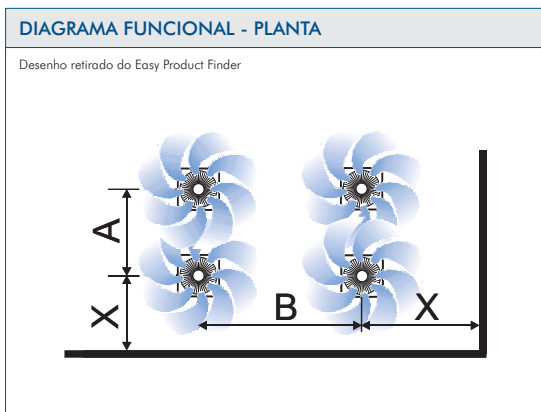
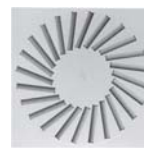
L_{WA}	< 45 dB(A)	t_{amb}	21 a 25°C
V_{eff}	2 a 3 m/s	Δt_{H1}	< 1,5°K
t_z	13 a 28 °C	L_{PA}	< 40 dB(A)
V_{H1}	<0,2 m/s	V_L	<0,4 m/s
H_1	0,9 a 2 m	Δt_L	< 2°K

LEGENDA

V_{eff}	m/s	Velocidade efectiva à saída do difusor
A_{eff}	m ²	Área efectiva do difusor
\dot{V}	m ³ /h	Caudal de ar em cada difusor
L_{WA}	dB (A)	Nível de potência sonora gerada em cada difusor
V_{H1}	m/s	Velocidade residual à altura H1 do tecto
H_1	m)	Distância do tecto à zona ocupada a meia distância entre 2 difusores contíguos
L_{PA}	dB (A)	Nível de pressão sonora ⁽²⁾
t_{amb}	°C	Temperatura ambiente
t_{H1}	°C	Temperatura do ar à altura H1
t_z	°C	Temperatura do ar insuflado
t_L	°C	Temperatura do ar junto à parede, à distância "L" do difusor
Δt_{H1}	°K	Diferença de temperatura $t_{H1} - t_{\text{amb}}$
Δt_z	°K	Diferença de temperatura $t_z - t_{\text{amb}}$
Δt_L	°K	Diferença de temperatura $t_L - t_{\text{amb}}$

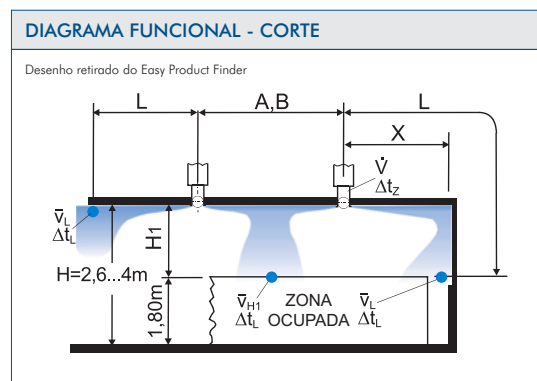
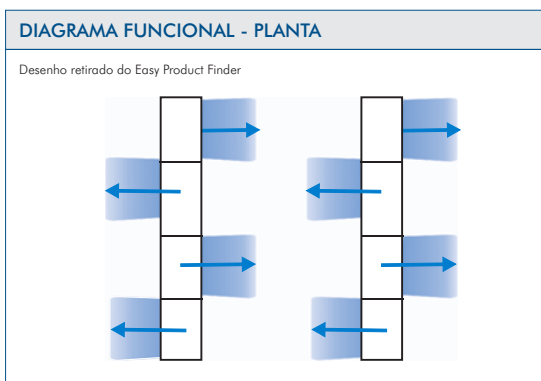
INSUFLAÇÃO DO AR ATRAVÉS DE DIFUSORES NO TECTO

DIFUSORES ROTACIONAIS

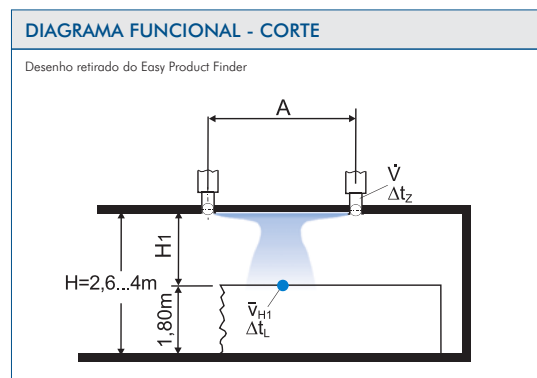
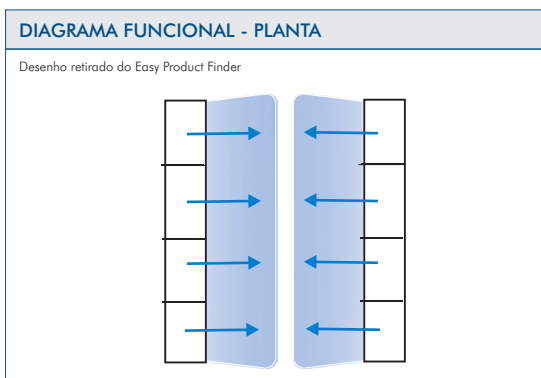


DIFUSORES LINEARES

AJUSTE DOS DEFLECTORES ALTERNADOS HORIZONTAIS

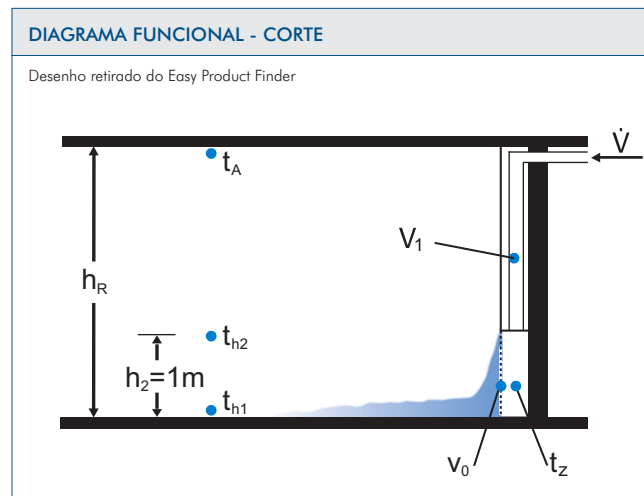
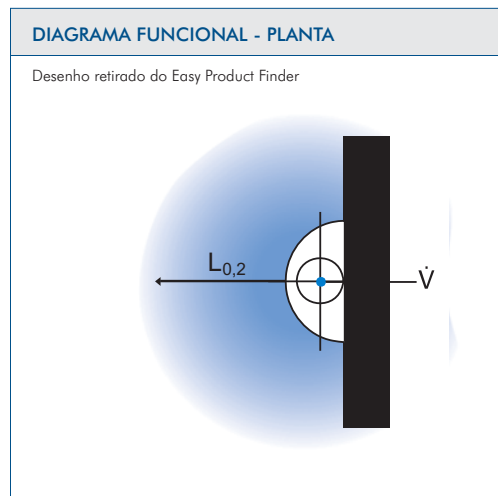


AJUSTE DOS DEFLECTORES UNIDIRECCIONAIS



INSUFLAÇÃO DO AR ATRAVÉS DE DIFUSORES NA PAREDE E TECTO

DIFUSORES DE DESLOCAMENTO (1)



ZONA OCUPADA, PARÂMETROS - CARACTERÍSTICOS

hr	2,4 a 6 m	t_A	24 a 27°C
v_0	0,1 a 0,4 m/s	t_{h1}	19 a 22 °C
v_1	1 a 4 m/s	t_{h2}	21 a 24°C
t_z	17 a 22 °C	$L_{0,2}$	0,5 a 2 m



NOVA GERAÇÃO DE DIFUSORES DE DESLOCAMENTO DA TROX

LEGENDA

\dot{V}	m ³ /h	Caudal de ar em cada difusor
hr	m	Pé direito do espaço
v_0	m/s	Velocidade de saída do ar na superfície do difusor
v_1	m/s	Velocidade do ar na conduta de admissão ao difusor
t_z	°C	Temperatura do ar de insuflação
t_A	°C	Temperatura do ar de exaustão
t_{h1}	°C	Temperatura do ar junto do chão
t_{h2}	°C	Temperatura do ar à altura de 1m do chão (nível da cabeça de uma pessoa sentada)
$L_{0,2}$	°C	Zona de sombra não ocupável (velocidade residual superior a 0,2 m/s)

APÊNDICE 1

1 - CONFORTO, COMO DEFINIR ?

Sendo "conforto" uma palavra cujo significado "comodidade física satisfeita" é um dos muitos que o dicionário refere como o mais próximo do sentido que a Eng.º do AVAC o aplica na temática da QAI, sente-se a dificuldade óbvia de o quantificar do modo simplista.

Esta definição conduz-nos inevitavelmente a uma impossibilidade:

não há espaço algum onde 100% dos seus ocupantes considerem o mesmo confortável!

2 - O QUE FAZER?

Tratar estatisticamente o conforto recorrendo a ensaios pormenorizados e exaustivos, tratá-los com profundidade e rigor e se possível apresentar os resultados na forma de tabelas, e/ou gráficos, ou representações similares, para uma utilização o mais abrangente por todos os técnicos directa ou indirectamente envolvidos na temática da QAI.

Foi o que fez o Professor P. Ole Fanger ⁽¹⁾ e a sua equipa no "International Centre For Indoor Environment and Energy, Department of Mechanical Engineering" da Universidade Técnica da Dinamarca (www.ie.dtu.dk) na 2ª metade do século XX.

3 - NORMAS?

Embora sendo um tema evolutivo os parâmetros que influenciam o "Conforto" a exigir aos edifícios futuros e progressivamente aos existentes, há hoje diversas publicações que orientam comités técnicos responsáveis pelas actuais e futuras recomendações que o Parlamento Europeu tem vindo a aprovar como directivas a serem transpostas para a legislação de cada estado membro.

Um dos documentos, evolutivos, de maior interesse no âmbito do conforto e energia é:

EN 15251: 2007 Indoor environment input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal comfort, light and noise.

Os parâmetros enumerados nesta directiva irão progressivamente influenciar os projectos AVAC no sentido de observar entre outros os seguintes:

- Temperatura ambiente em função da temperatura exterior
- Pureza do ar – definição do caudal mínimo de ar novo
- Nível de pressão sonora
- Iluminação
- Eficiência energética

4 - QUAIS OS PARÂMETROS DE CONFORTO?

No âmbito dos espaços tratados por sistemas AVAC – sistemas activos para ventilação, arrefecimento e/ou aquecimento – os parâmetros tidos como mais importantes na sensação de conforto são os seguintes:

- Temperatura
- Humidade relativa
- Temperatura média radiante
- Velocidade do ar
- Nível de turbulência do ar
- Assimetria de temperaturas
- Nível de pressão sonora
- Pureza do ar

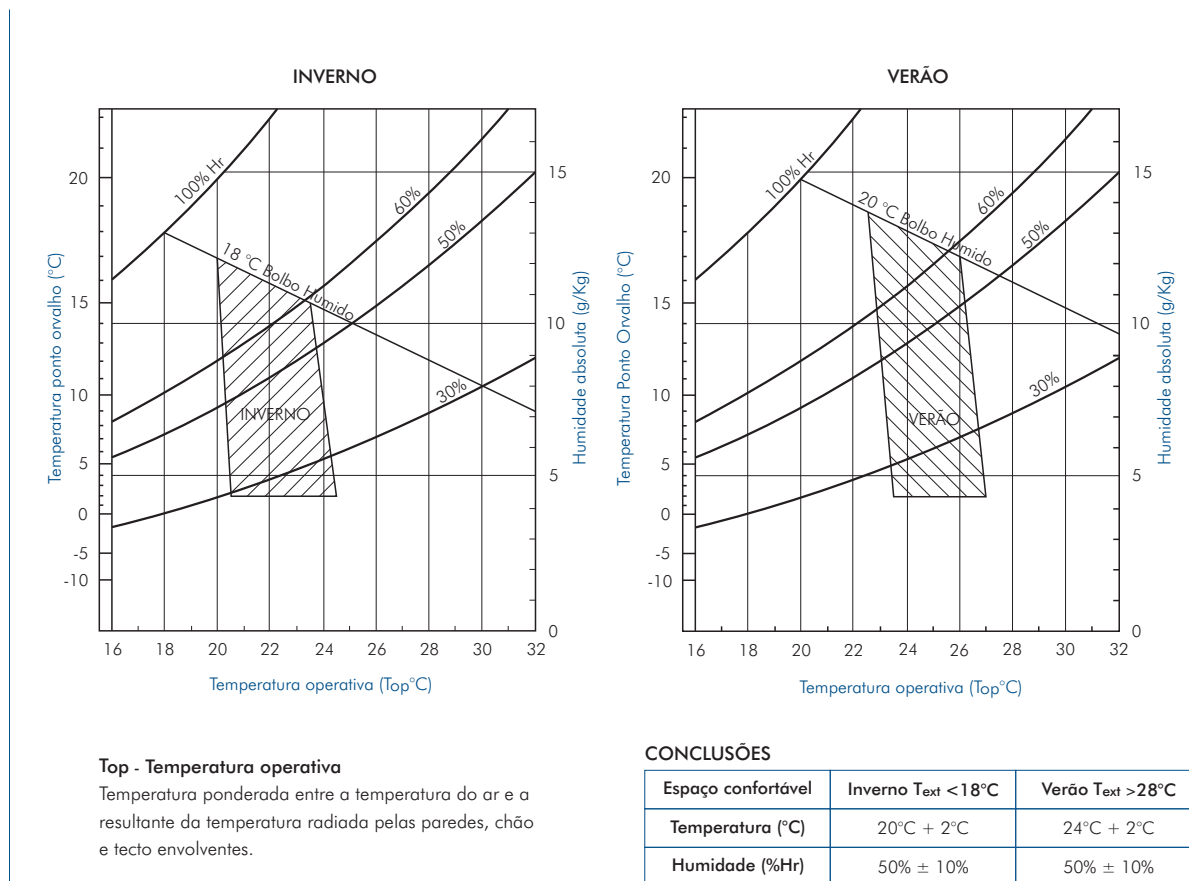
5 - ESPAÇO CONFORTÁVEL OU NÃO?

Tendo em linha de conta o recurso à estatística na definição de espaço confortável, quando se pode afirmar que o é ou não?

"É assumindo que um espaço é desconfortável quando 20%, ou mais, dos seus ocupantes estão insatisfeitos devido a pelo menos um dos parâmetros acima mencionados".

5.1 - TEMPERATURA E HUMIDADE RELATIVA AMBIENTE

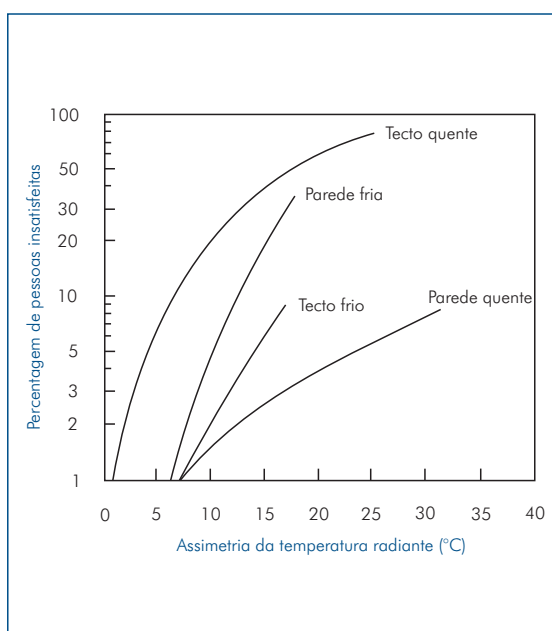
Sendo estas as variáveis mais "fortes" na sensação de conforto e as mais antigas na sua definição, são sobejamente conhecidos os limites que devem ser observados:



5.2 - ASSIMETRIA DAS TEMPERATURAS RADIANTES

A radiação solar através de janelas e portadas, é a que melhor conhecemos quanto ao seu efeito de desconforto. Não há sistema AVAC que a possa combater. É necessário evitá-la recorrendo a algum tipo de sombreamento, activo ou passivo. É um parâmetro da responsabilidade directa da equipa de Arquitectura.

No caso de recurso a superfícies (tectos, paredes, chão) para aquecer ou arrefecer o ambiente é necessário levar em linha de conta os resultados estatísticos do "grau de insatisfação" expressos no gráfico ao lado.



5.3 - VELOCIDADE DO AR - NA GÍRIA “CORRENTES DE AR”

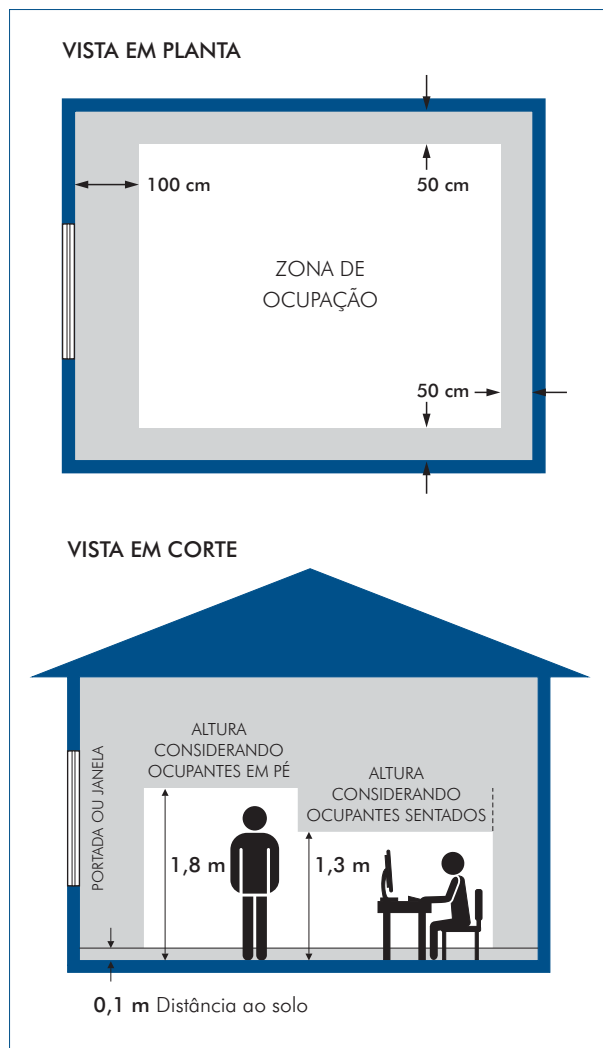
É um parâmetro cuja responsabilidade é partilhada fortemente pelo gabinete de engenharia AVAC. O sucesso de cada projecto reside no bom conhecimento e na análise técnica de cada solução de difusão no espaço a condicionar

A velocidade do ar é um parâmetro que tem sido descurado - e ainda o é actualmente – na maior parte dos projectos devido à difícil análise da distribuição do ar no espaço ambiente.

Há alguns parâmetros a ter uma linha em conta para se definir o conforto na componente “velocidade do ar”.

5.3.1 - ZONA DE OCUPAÇÃO OU ZONA OCUPADA

Define a zona a analisar quanto à velocidade residual. Fora desta zona a velocidade do ar é seguramente superior num espaço condicionado com a tradicional “difusão por mistura de ar” – insuflação através de difusor no tecto ou grelha na parede.



5.3.2 - ÍNDICE DE TURBULÊNCIA

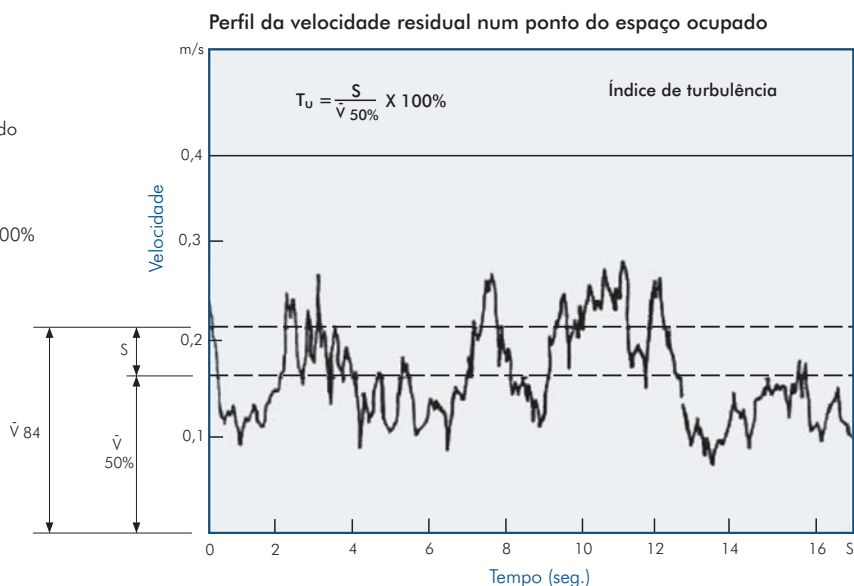
A velocidade residual do ar em cada ponto do espaço não é constante – aliás varia de instante para instante conforme se pode ver no gráfico abaixo.

$\bar{V}_{50\%}$ - Velocidade média do ar.

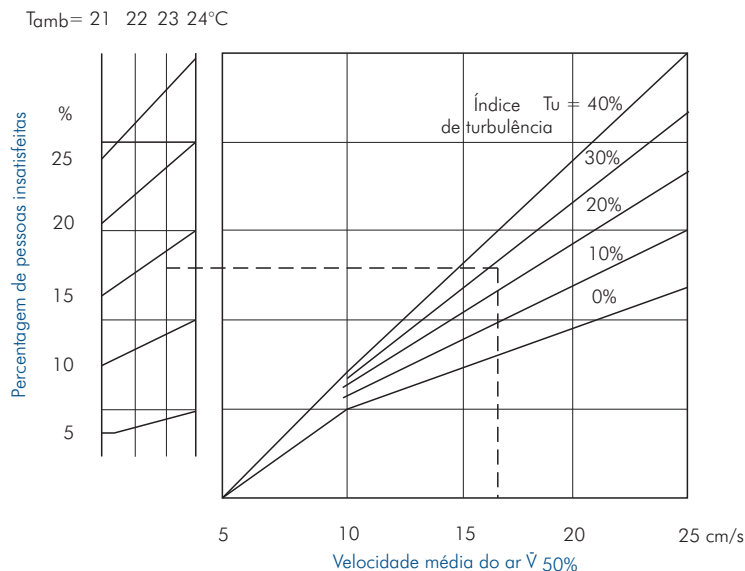
\bar{V}_{84} - Velocidade média do ar mais elevado em 84% do tempo em análise.

S - Desvio padrão ($S = \bar{V}_{84} - \bar{V}_{50\%}$)

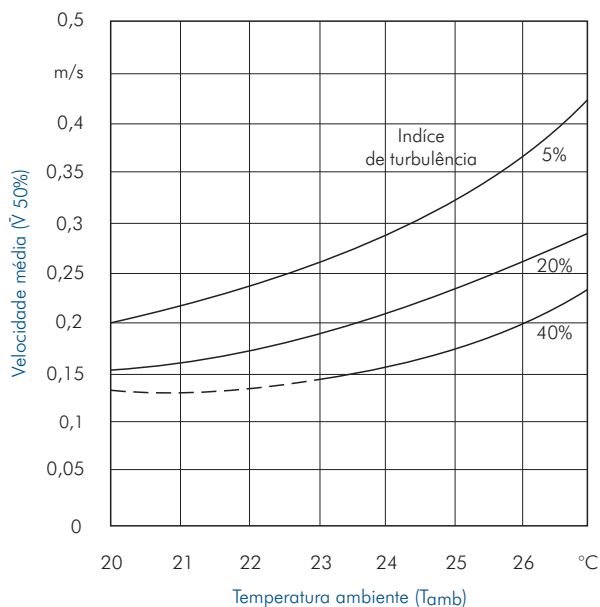
T_u - Índice de turbulência $T_u = \frac{S}{\bar{V}_{50\%}} \times 100\%$



5.3.3 - PERCENTAGEM DE PESSOAS INSATISFEITAS EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA AMBIENTE (t_{amb}), VELOCIDADE MÉDIA DO AR \tilde{V} 50% E GRAU DE TURBULÊNCIA (T_u)



Derivado destes gráficos pode-se ainda afirmar que um espaço ambiente pode ser considerado de conforto, para pelo menos 84% seus ocupantes, nas seguintes condições:



IMPORTANTE:

Na maior parte dos casos reais de espaços com difusão por mistura do ar o índice de turbulência a considerar, por prudência, deve ser 40%.

Como síntese pode-se admitir como critério de conforto na zona ocupada na componente velocidade do ar as seguintes expressões:

Tipo de difusão	Equação	Índice de turbulência	Nr. de pessoas insatisfeitas
Por mistura	$\tilde{V}_{50} = \frac{T_{amb}}{100} - 0,07 \text{ m/s}$	ate 40%	15%
Por deslocamento «displacement»	$\tilde{V}_{50} = \frac{T_{amb}}{100} - 0,10 \text{ m/s}$	ate 15%	10%

T_{amb} = Temperatura ambiente (20°C a 27°C).

$\tilde{V}_{50\%}$ = Velocidade média do ar.

5.3.4 - TEMPERATURA EFECTIVA DA CORRENTE DE AR (Draft)

O desconforto sentido pelos ocupantes num espaço condicionado, devido à corrente de ar originada pelo sistema de AVAC, pode ser quantificado, estatisticamente, recorrendo a um parâmetro denominado por:

"Temperatura efectiva da corrente de ar (T_{ef})" (1)

Esta temperatura é composta efectivamente por duas componentes:

- Diferença entre a temperatura sensível no ponto da zona ocupada em análise (T_{h1}) e a temperatura ambiente geral (T_{amb});
- Velocidade média no ponto em análise.

$$T_{ef} = T_{amb} + \theta$$

$$\theta = (T_{h1} - T_{amb}) - (8 \times V_{h1} - 0,15)$$

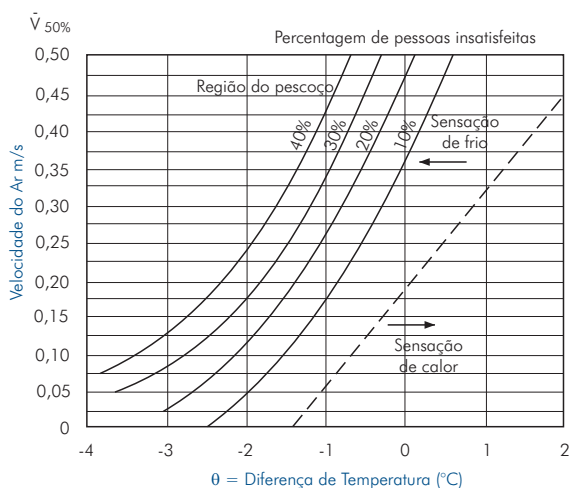
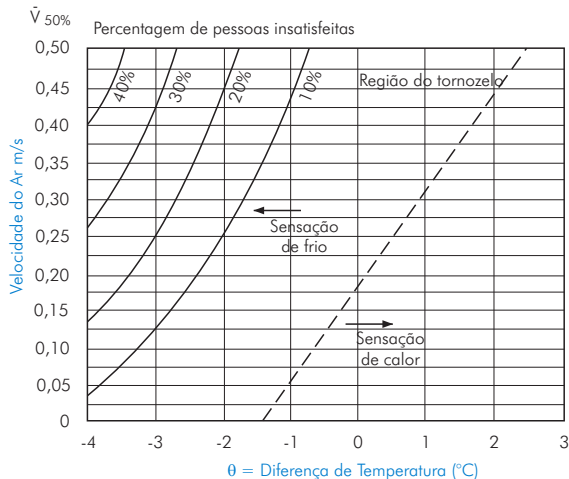
T_{amb} - Temperatura de ar ambiente em geral.

T_{h1} - Temperatura do ar no ponto em análise.

V_{h1} - Velocidade do ar no ponto em análise.

(1) Na literatura anglo-saxónica: Draft

Dos estudos levados a cabo e publicados no ASHRAE Handbook Fundamentals (2001) cap. 32 obtiveram-se os seguintes quadros:

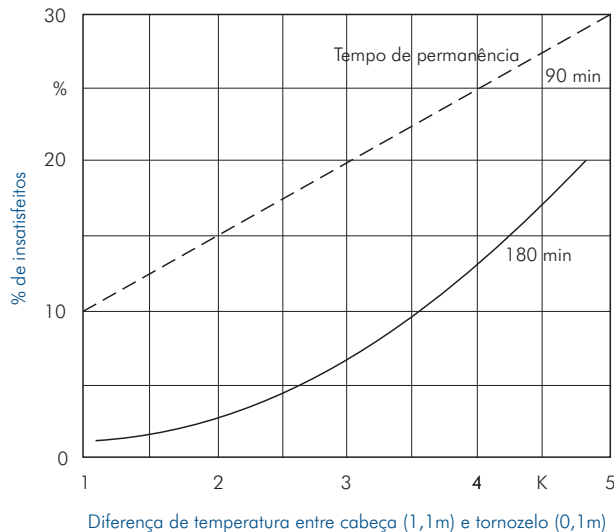


Uma das principais conclusões que se pode retirar destes quadros é a maior sensibilidade das pessoas na zona do pescoço em relação aos tornozelos.

Esta observação justifica a preferência pela difusão por deslocamento (displacement) como sendo mais "confortável", no parâmetro velocidade do ar (entre outros), quando comparada com a difusão por mistura.

5.4 - DIFERENÇA DE TEMPERATURA ENTRE TORNOZELOS E CABEÇA

Este estudo foi e é muito importante no desenvolvimento da solução de difusão por deslocamento.



Conclui-se que para um tempo de permanência de 1h30 (90min) para satisfazer pelo menos 85% dos ocupantes (15% de insatisfeitos) a diferença da temperatura entre pés e cabeça não deve ser superior a 2°C.

CONCLUSÃO

Do que foi exposto atrás podemos sintetizar que o conforto, entendido estatisticamente, para um edifício de escritórios – categoria II segundo a norma EN15251 os parâmetros descritos deverão situar-se nos seguintes intervalos:

- Temperatura: Verão: 24 a 26°C; Inverno: 20 a 22°C
- Humidade relativa: 30 a 60% Hr
- Velocidade média do ar: 0,05 a 0,21 m/s
- Assimetria de temperatura entre pés e cabeça: 2°C (máx. 3°C)

Outro parâmetro de vital importância no conforto e que pode encontrar devidamente tratado no caderno técnico específico (tabela de preços dos “Atenuadores de som” é o **nível de pressão sonora** na zona ocupada. É tido como valor mais aceitável num espaço de um edifício administrativo e de escritórios o seguinte: **LPA ≤ 41 dB(A)**

Do exposto nesta súmula técnica aconselha-se uma análise detalhada de cada espaço (sala, gabinete, quarto, etc.) a tratar, optar pela melhor estratégia do ponto de vista do conforto e eficiência energética, dimensionar cada componente (difusor ou grelha) de difusão e extracção de ar de modo a conseguir atingir o conforto que se exige à instalação AVAC.

A TROX disponibiliza um novo instrumento de trabalho na forma de um programa denominado **Easy Product Finder (EPF)** que permite de uma forma simples e eficaz delinear a melhor estratégia de difusão, dimensionar cada componente (difusor, grelha) e documentar a solução que for escolhida, em total observância com os parâmetros atrás definidos.

○ EPF encontra-se disponível em www.contimetra.com

BIBLIOGRAFIA

- Publicação: Distribuição do ar
 - Autor: Eng. Celso Simões Alexandre
 - Cargo: Director Superintendente da **Trox Brasil** desde 1981 até 2010

- Artigos técnicos da autoria de Eng António Vegas
 - Cargo: Responsável técnico da **Trox Espanha** desde 1994 a 2008

- ASHRAE - Handbook Fundamentals (2001) cap. 32

- Povl Ole Fanger (1934-2006) - Professor no "International Center for Indoor Environment and Energy" da "Technical University of Denmark". Foi o precursor do tratamento estatístico dos diversos parâmetros que contribuem para a qualidade do ar ambiente. A sua contribuição no estudo da temática do conforto térmico foi de tal forma inovador e importante que muitos dos parâmetros por ele caracterizados são ainda hoje a base dos standards internacionais na área de AVAC.

As unidades "**Olf**" - mede a emissão de odor tanto de pessoas como de objectos - e "**decipol**" - mede a qualidade do ar num espaço fechado - são fruto do seu trabalho e usadas frequentemente na análise da Qualidade do Ar Interior (**QAI**).