

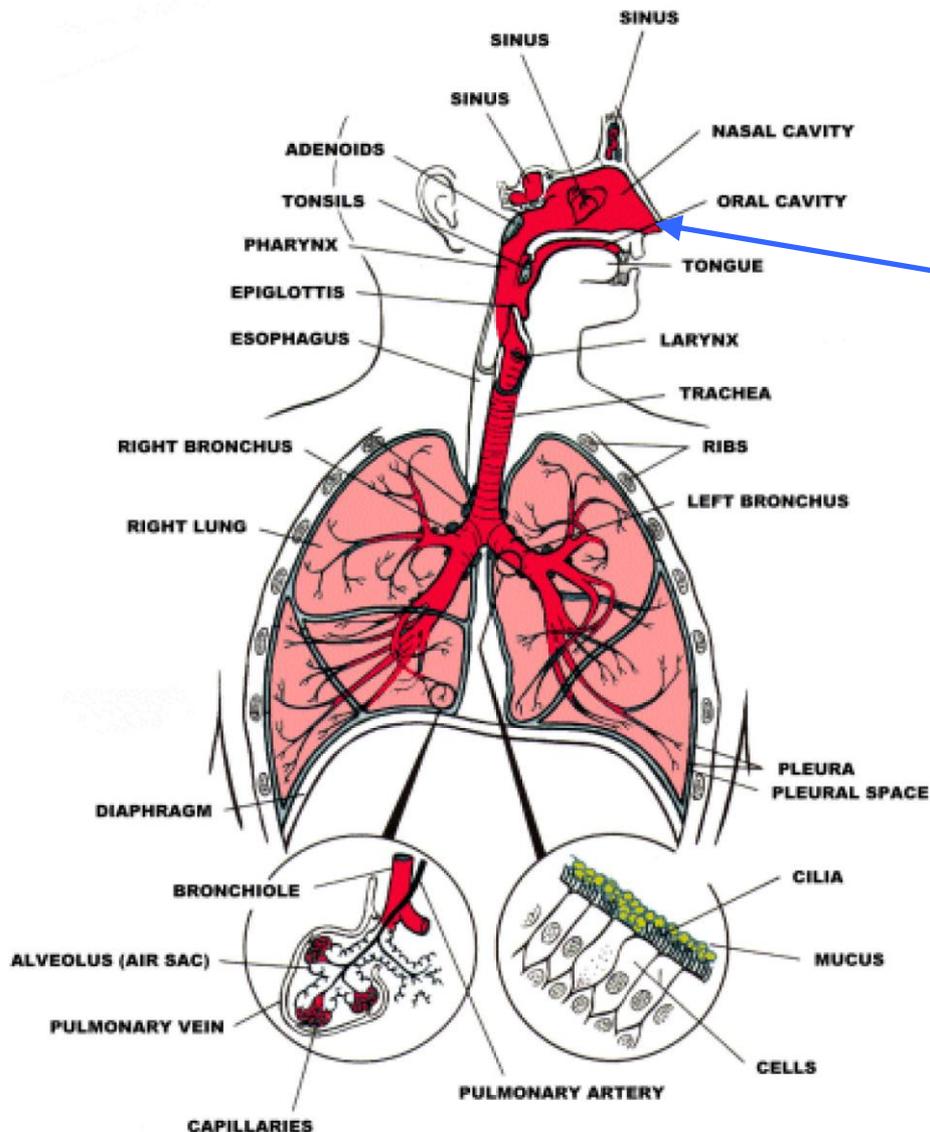


# Os Paradoxos da Ventilação

Carlos Lisboa

AUDITÓRIO DA SEDE NACIONAL DA ORDEM DOS ENGENHEIROS

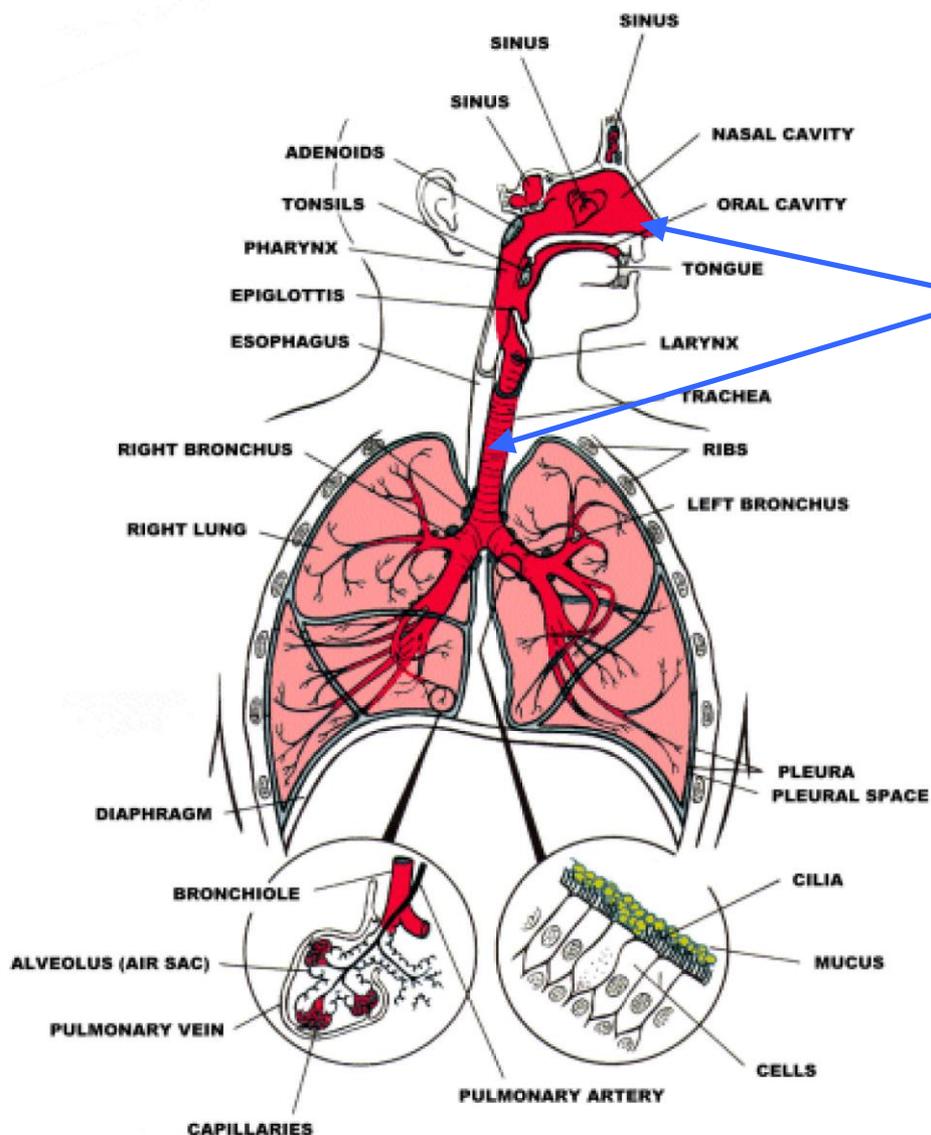
Lisboa, 14 de Julho de 2006



Partículas PM100 ( $D_a < 0,1\text{mm}$ ),

As partículas desta dimensão podem ser inaladas e penetrar em qualquer parte do sistema respiratório, dependendo da sua dimensão.

Este grupo de partículas é também denominado por partículas inaláveis.



Partículas PM100-10  
( $0,01\text{mm} < D_a < 0,1\text{mm}$ ),

As partículas desta dimensão são normalmente **retidas no nariz e traqueia**, sendo posteriormente expelidas ou engolidas, não entrando nos pulmões. O conhecimento actual da ciência médica não atribui risco especial para a saúde humana associado à presença deste tipo de partículas no ar ambiente.

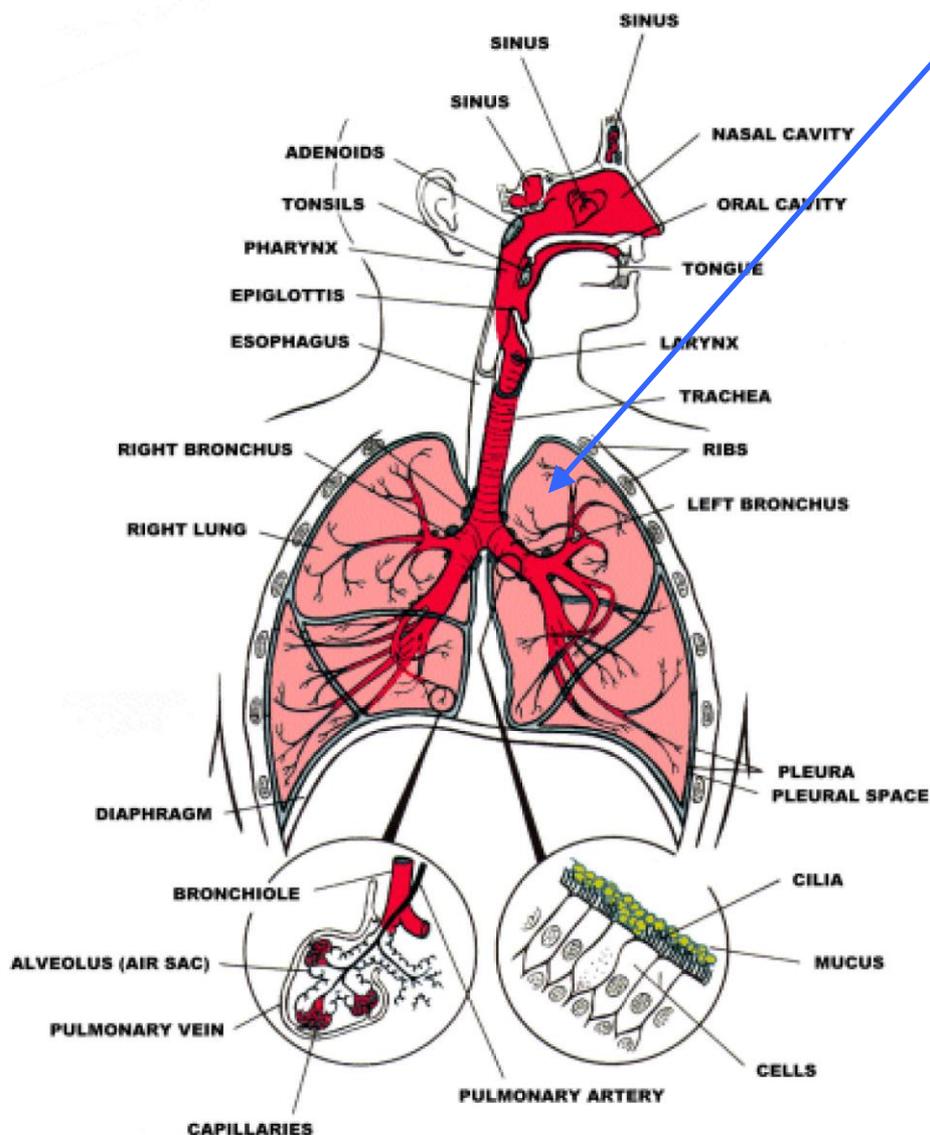


Partículas PM10 ( $Da < 0,01\text{mm}$ ),

As partículas desta dimensão não são normalmente retidas no nariz e traqueia **entrando nos pulmões** e penetrando em qualquer parte deste órgão, dependendo da sua dimensão.

Esta classificação ainda é usada em muitos estudos, mas dado que a interação deste grupo de partículas com o organismo humano e, conseqüentemente, o seu efeito na saúde varia em função da dimensão das partículas, a sua utilização está a ser substituída progressivamente pelas classificações que se descrevem de seguida.

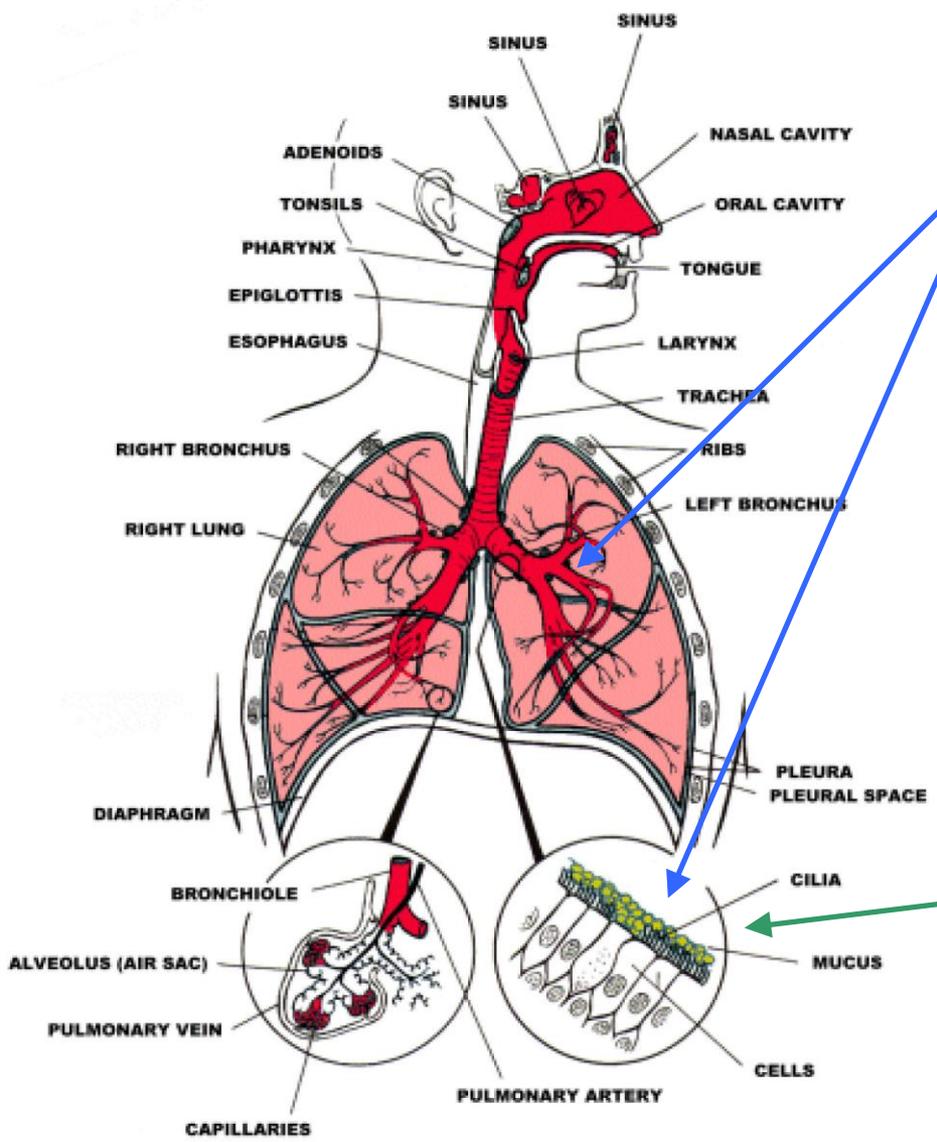
Este tipo de partículas é também denominado por partículas torácicas.



Partículas PM10-2,5  
(0,0025mm < Da < 0,01mm),

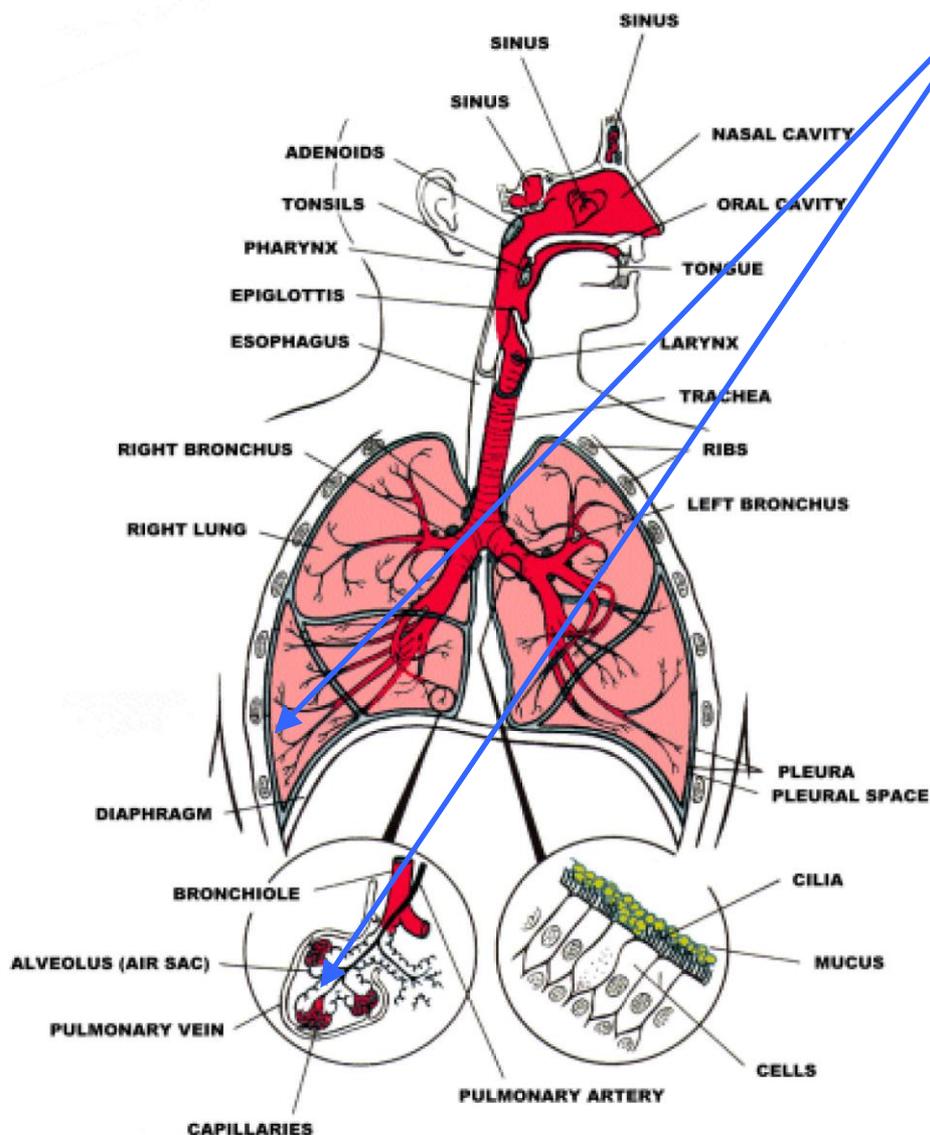
As partículas desta dimensão não são normalmente retidas no nariz e traqueia entrando nos pulmões sendo normalmente retidas pelo sistema muco-ciliar que reveste as paredes dos bronquios e, por este transportadas até à traqueia, sendo posteriormente expelidas ou engolidas. O conhecimento actual da ciência médica não atribui risco importante para a saúde humana associado à presença deste tipo de partículas no ar ambiente.

*O sistema muco-ciliar, pela acção ondulante dos cílios sobre a camada superior de muco, funciona como uma espécie de “tapete rolante” transportando as partículas para a traqueia.*





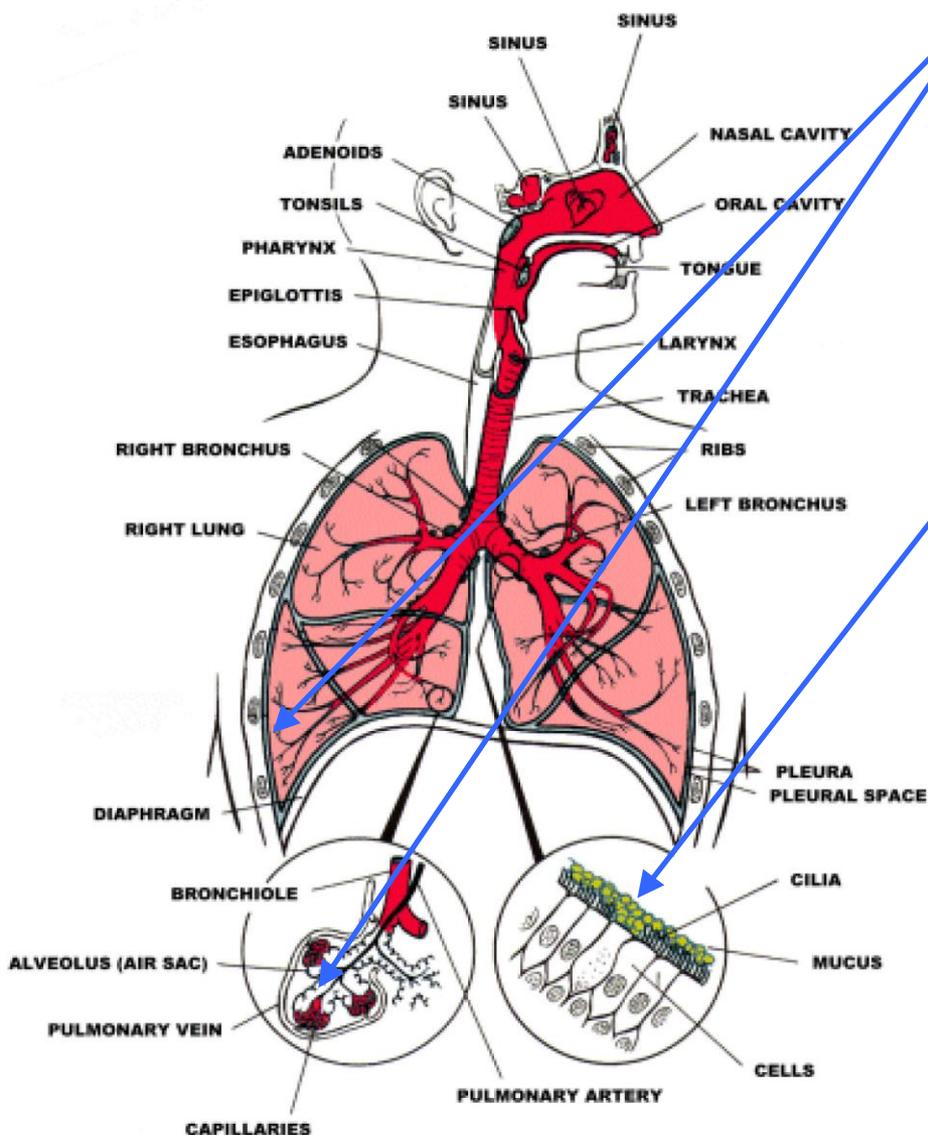
Partículas PM<sub>2,5</sub> (Da < 0,0025mm),  
As partículas desta dimensão não são normalmente retidas pelo sistema muco-ciliar que reveste as paredes dos bronquios **entrando nos alvéolos pulmonares**. Uma vez dentro dos alvéolos pulmonares, a reacção do organismo humano a este grupo de partículas varia em função da dimensão das mesmas. O conhecimento actual da ciência médica atribui risco importante para a saúde humana associado à concentração elevada deste tipo de partículas no ar ambiente. Este tipo de partículas é também denominado por partículas respiráveis ou partículas finas.





Partículas PM<sub>2,5-0,1</sub>  
(0,0001mm < Da < 0,0025mm),

No interior dos alvéolos pulmonares uma célula móvel, denominada macrófago, desloca-se na superfície alveolar envolvendo todas as partículas que encontra através de um processo denominado fagocitose. O macrófago, contendo partículas, desloca-se até ao bronquíolo terminal onde é transportado pelo sistema mucociliar até fora do pulmão. O conhecimento actual da ciência médica atribui risco importante para a saúde humana associado à concentração elevada deste tipo de partículas no ar ambiente.

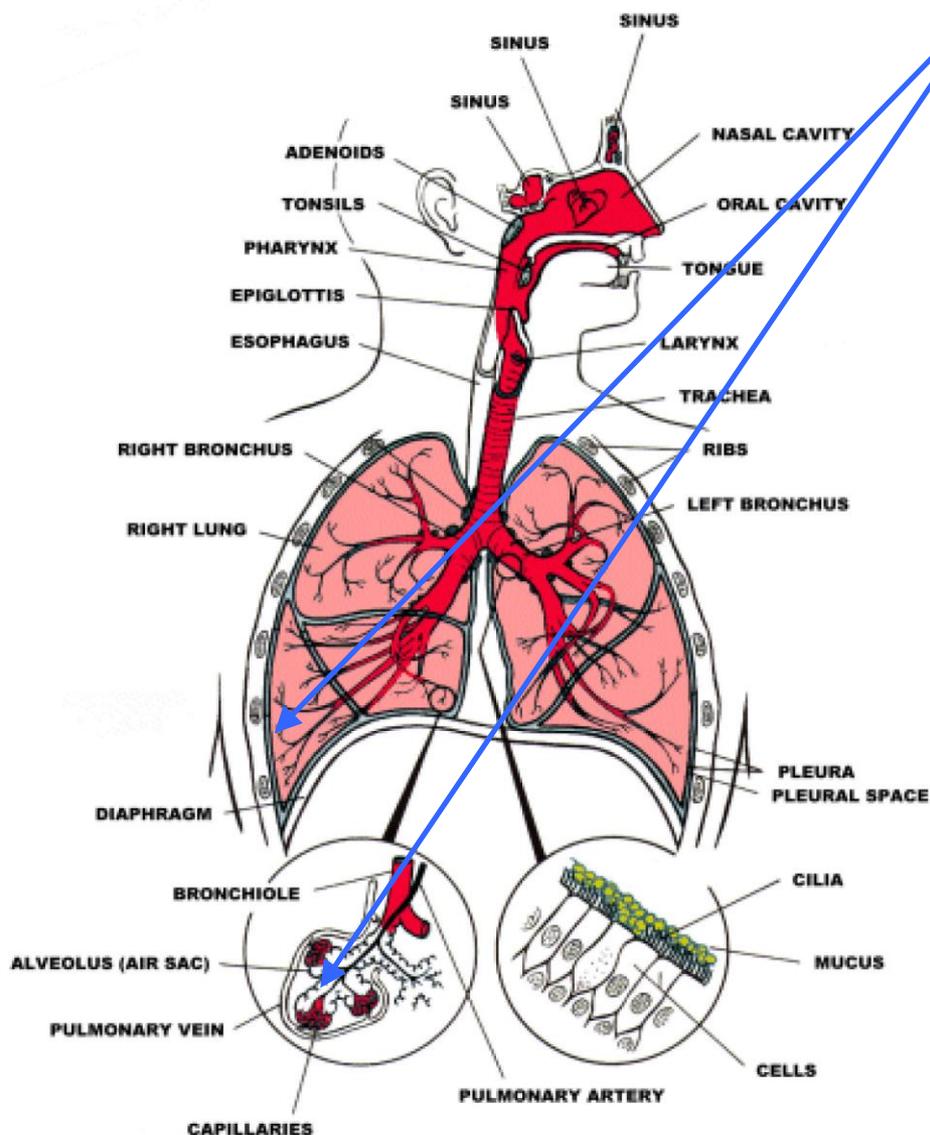


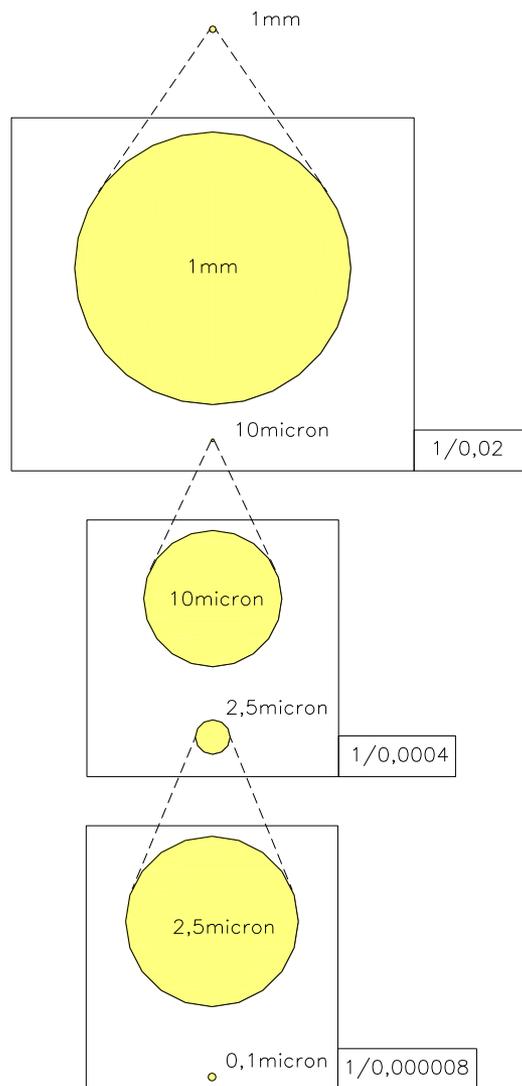


Partículas PM<sub>0,1</sub> ( $D_a < 0,0001\text{mm}$ ),

Os macrófagos não conseguem remover este tipo de partículas com a mesma eficiência com que removem as partículas finas. O conhecimento actual da ciência médica atribui risco importante para a saúde humana associado à concentração elevada deste tipo de partículas no ar ambiente.

Este tipo de partículas é também denominado por partículas ultrafinas.







## **Fontes de Partículas;**

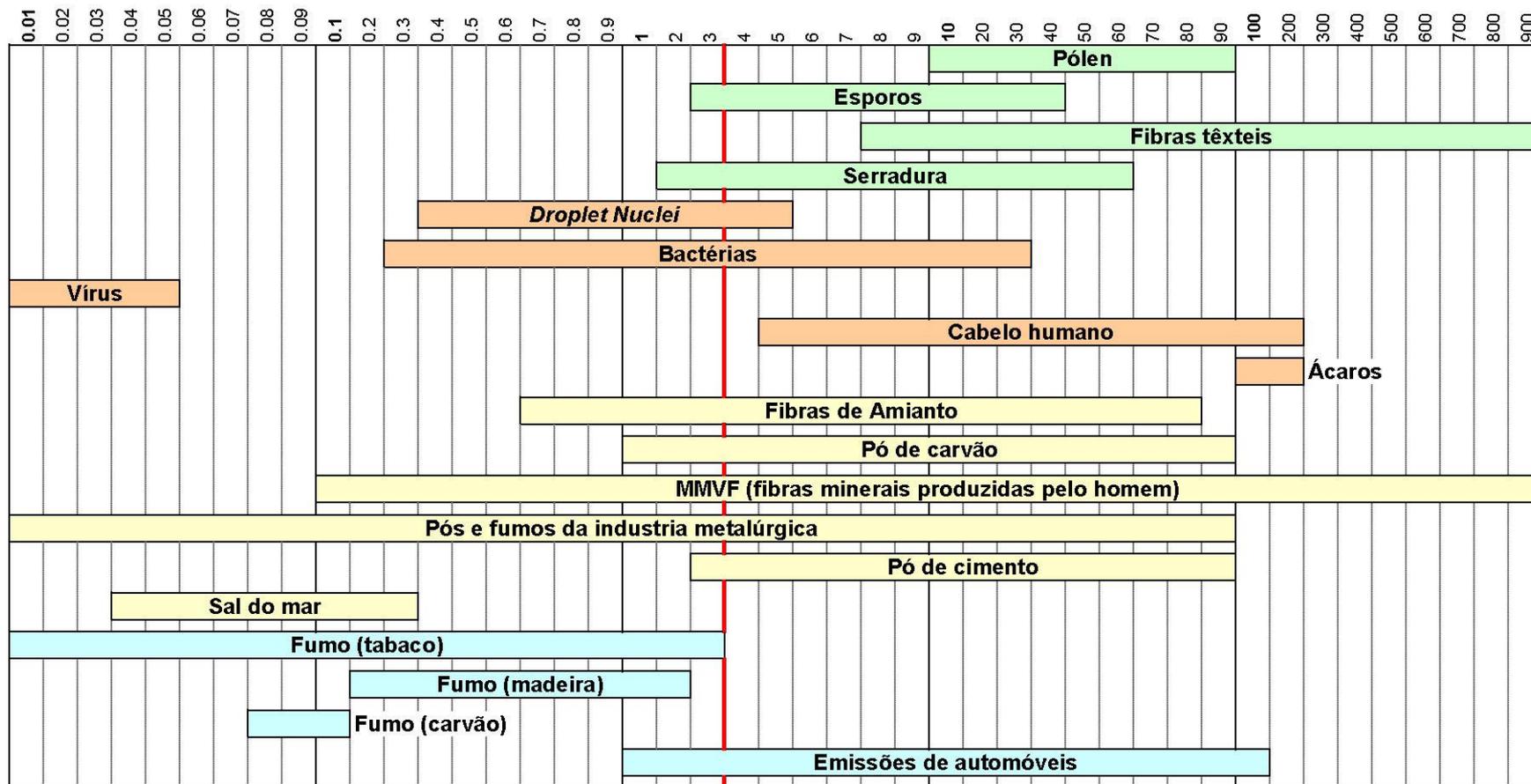
As partículas maiores do que PM2,5 são normalmente formadas através de processos mecânicos (por exemplo; fractura de corpos sólidos, erosão, desgaste por atrito, acção de limpeza).

As partículas finas e ultrafinas (PM2,5), com impactos importantes na saúde humana, são normalmente produzidas em processos de combustão ou industriais sendo os motores a diesel a sua principal fonte nos meios urbanos. Tratam-se portanto de poluentes presentes no ar exterior sendo o tabaco a principal fonte deste tipo de partículas no ar interior dos edifícios. Outras fontes, com menor impacto, poderão ser as impressoras a laser (cujos toners têm partículas desta dimensão) ou as micro-gotículas emitidas pelos ocupantes quando tosem ou espirram (droplet nuclei).

*Medições realizadas em edifícios mostraram que edifícios climatizados, normalmente, têm concentrações de partículas PM2,5 inferiores a edifícios não climatizados, atribuindo-se este facto à possibilidade de, nos edifícios não climatizados se abrir com mais frequência janelas promovendo uma maior entrada de ar exterior e também a alguma retenção de partículas nos sistemas de climatização.*

## Dimensões de Aerossóis

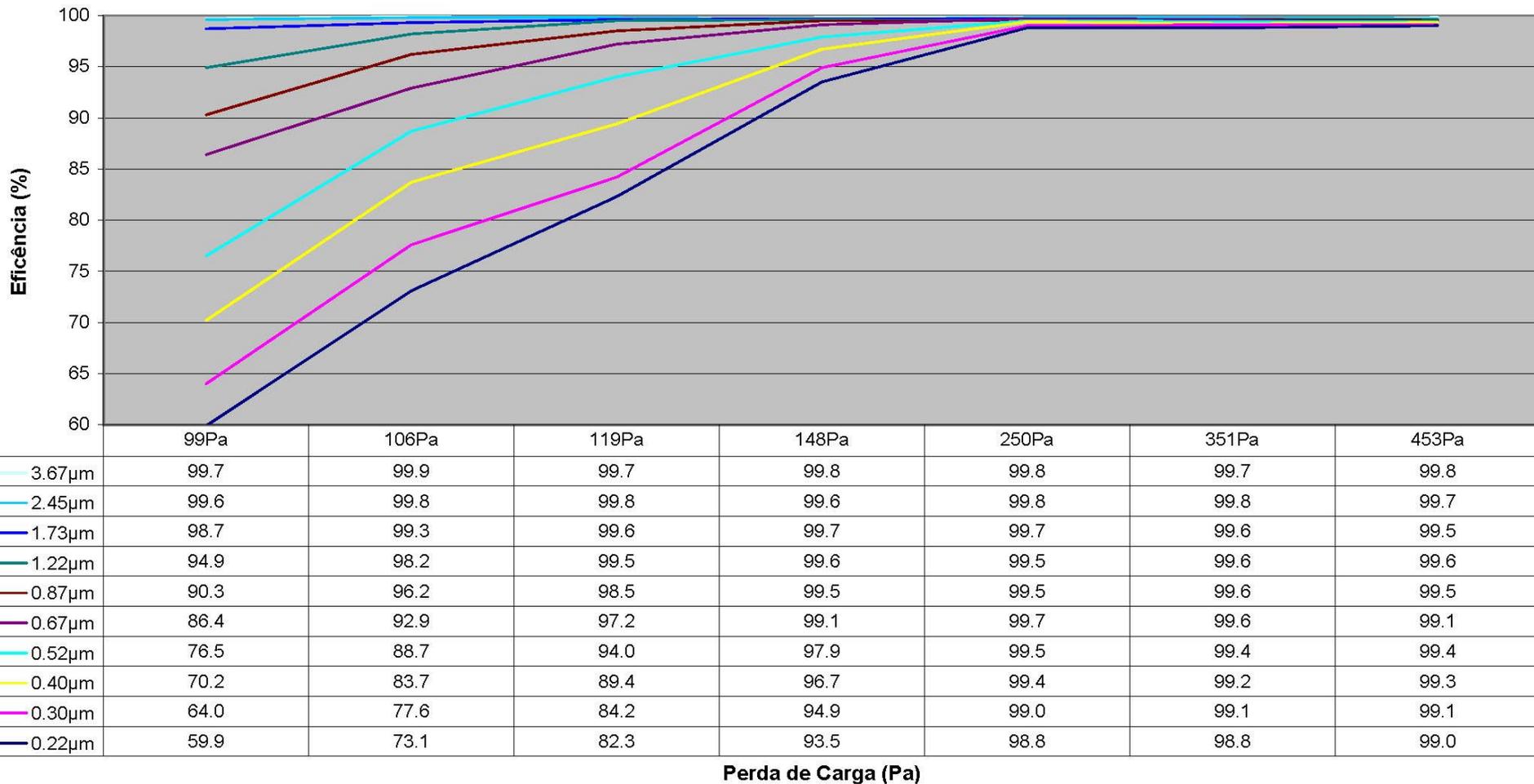
Diâmetro Aerodinâmico ( $\mu\text{m}$ )



Fonte: ASHRAE Fundamentals. 2005.



**Ensaio de filtro F9 em conformidade com EN779:2002  
(Tabela E.1, do Anexo E, da norma EN 779:2002)**



Perda de Carga (Pa)



**EN 779 - Tabela 1**  
**Classificação de filtros de ar**

Classe	Perda de Carga Final	Captção média ( $A_m$ ) de poeira sintética	Eficiência média ( $E_m$ ) para partículas de $0,4\mu m$
	Pa	%	%
G1	250	$50 \leq A_m < 65$	-
G2	250	$65 \leq A_m < 80$	-
G3	250	$80 \leq A_m < 90$	-
G4	250	$90 \leq A_m$	-
F5	450	-	$40 \leq E_m < 60$
F6	450	-	$60 \leq E_m < 80$
F7	450	-	$80 \leq E_m < 90$
F8	450	-	$90 \leq E_m < 95$
F9	450	-	$95 \leq E_m$



**Table A.1 Recommended filter classes per filter section (definition of filter classes according to EN 779)**

Outdoor Air Quality (see 5.2.3)	Indoor Air Quality (see 5.2.5)			
	IDA 1 (High)	IDA 2 (Medium)	IDA 3 (Moderate)	IDA 4 (Low)
ODA 1 (pure air)	F9	F8	F7	F6
ODA 2 (dust)	F7/F9	F6/F8	F6/F7	G4/F6
ODA 3 (gases)	F7/F9	F8	F7	F6
ODA 4 (dust + gases)	F7/F9	F6/F8	F6/F7	G4/F6
ODA 5 (very high conc.)	F6/GF/F9*)	F6/GF/F9*)	F6/F7	G4/F6

\*) GF = Gas filter (carbon filter) and/or chemical filter



## Resumo da Situação;

- Os aerossóis com dimensão inferior a  $2,5\mu\text{m}$  são os mais perigosos para a saúde humana,
- Temos tecnologia (filtros) para os eliminar do ar ambiente interior,
- Tomámos medidas para a implementação destas tecnologias (através de recomendações normativas),
- A indústria desenvolveu equipamentos dotados de sistemas de filtragem de elevada eficiência (HEPA) e faz agressivas campanhas de marketing para a sua aplicação generalizada.

Aonde nos conduz esta tendência geral?

Dado que os elevados níveis de filtragem actualmente em voga têm como objectivo a protecção da saúde seremos nós, Engenheiros de Climatização, os profissionais mais habilitados a definir os critérios para a sua aplicação?



## Ambientes interiores estéreis. Pontos para pensar.

- Ao aplicarmos filtros de alta eficiência apanhamos tudo, deixando o ar interior praticamente isento de aerossóis, isto é desejável?
- Existem estudos sobre as consequências para a saúde humana de respirar (durante 90% do tempo da nossa vida) um ar estéril?
- Como se desenvolverá o sistema imunitário das nossas crianças na quase ausência de bioaerossóis e partículas?
- Podem aumentar os casos de asma em consequência de um ar interior excessivamente higiénico (*Hipótese da Higiene, Artigo JACI, Abril 2006, “Exposição de bebés ao pó e microorganismos pode protegê-las contra a asma”*)?
- Mantendo-se esta tendência poderá, no limite, o ar exterior tornar-se patogénico para a espécie humana?
- Não estaremos nós reagindo excessivamente ao problema da baixa QAI e criando um problema maior?



## Como lidar com as partículas? Pontos para pensar.

- Sendo as fontes de partículas PM<sub>2,5</sub> no ar interior fundamentalmente o fumo do tabaco e os processos de combustão, este problema é facilmente anulado principalmente pela interdição do fumo do tabaco nos ambientes interiores e pela correcta evacuação dos produtos da combustão dos aparelhos de queima de combustíveis!
- Não havendo fontes no ar interior as fontes de partículas resumem-se às existentes no ar exterior (tráfego automóvel, poluição industrial,...). Não deveremos filtrar o ar exterior apenas nos casos de extrema poluição? Não está a sociedade a caminhar já rapidamente no sentido da redução dos níveis de poluição do ar exterior?
- Em edifícios com fumadores as concentrações de partículas são muito superiores às do ar exterior (exemplo real; 20.000 para 280.000).



## Como lidar com os microorganismos? Pontos para pensar.

- Normalmente as medições de unidades formadoras de colónias de fungos (ufc) apresentam valores bastante maiores no exterior do que no interior,
- Faz sentido medir ufcs de fungos e bactérias? Qual a sua utilidade? (pode ser mais uma informação a adicionar à inspecção sensorial...),
- Não se deveria investigar a presença de microorganismos específicos cujas consequências nefastas para a saúde sejam conhecidas?
- Minimizando as fontes, fará sentido ter filtros de alta eficiência para reter microorganismos? Não será mais racional recorrer à diluição com ar exterior?
- Deveremos admitir vasos com plantas nos ambientes interiores? (por extrapolação dos critérios adoptados no AVAC tal seria inaceitável, já que, neste caso intencionalmente juntamos a água aos nutrientes com objectivo de manter condições para a subsistência de vida)



## Mensagem Final;

- O tipo de assuntos e questões levantadas ultrapassa bastante as competências dos profissionais de engenharia!
- É fundamental a participação activa dos profissionais da área da saúde na definição dos critérios para a QAI no que respeita à protecção da saúde!