



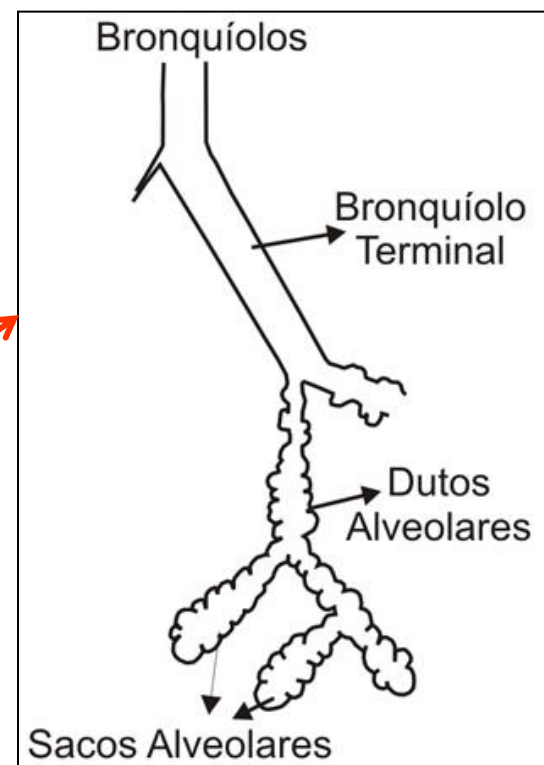
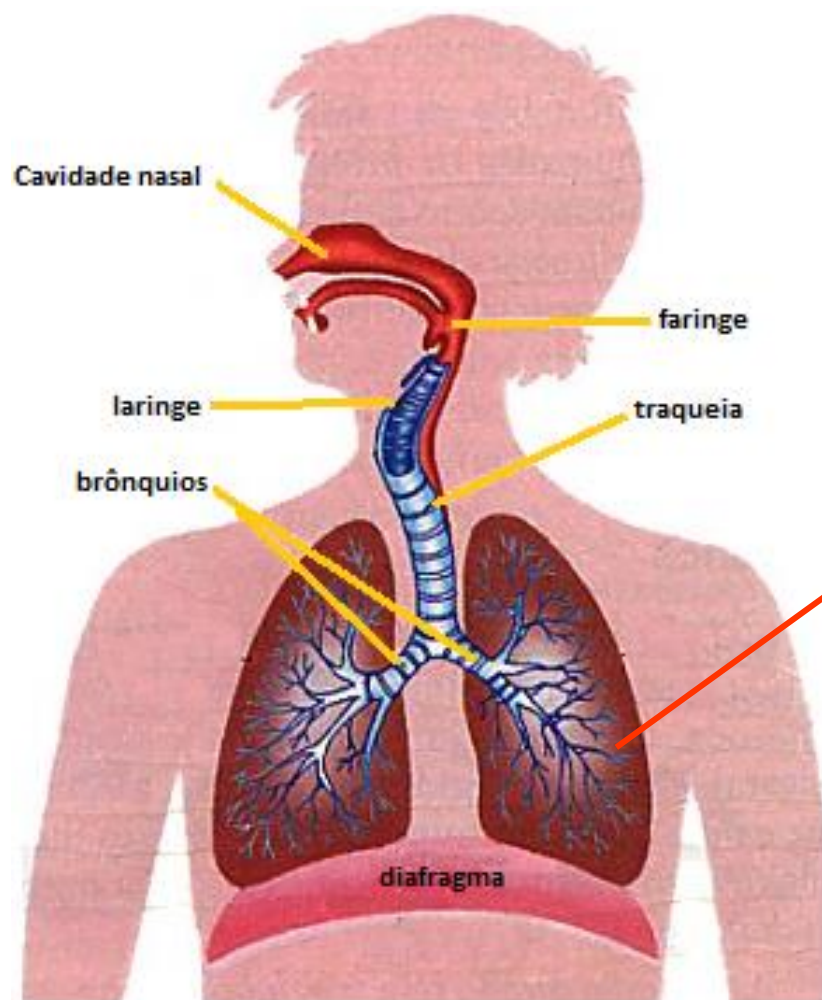
Parte 2

CONCEITO BÁSICOS:

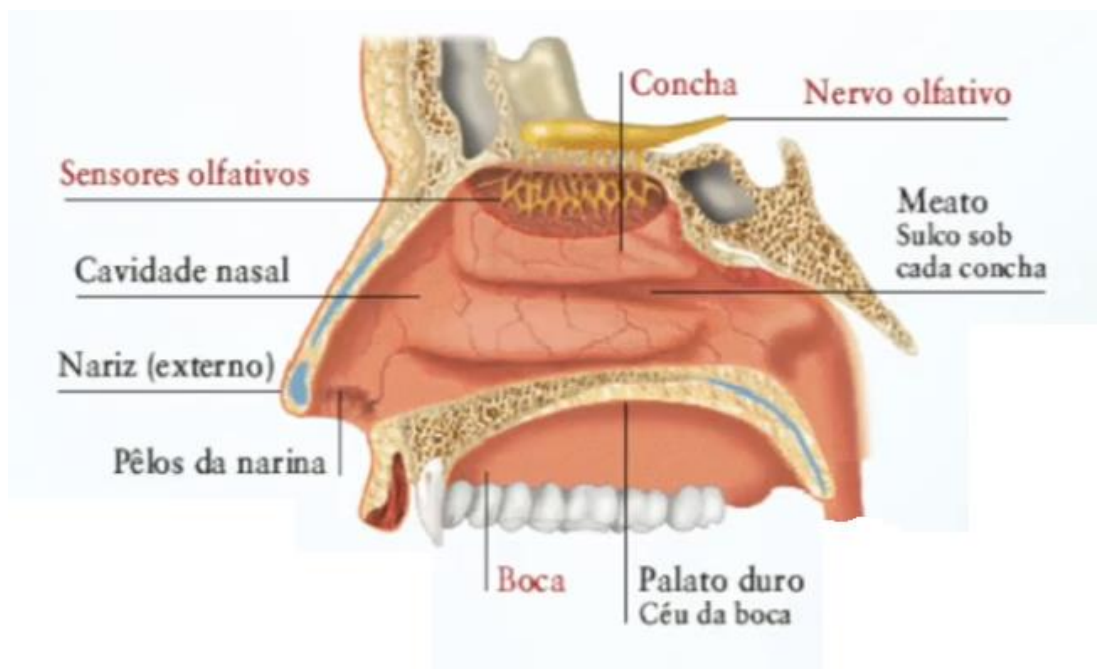
- FISILOGIA RESPIRATÓRIA
- RISCOS RESPIRATÓRIOS
- CLASSIFICAÇÃO DOS EPRs
(PURIFICADORES DE AR E DE ADUÇÃO DE AR)



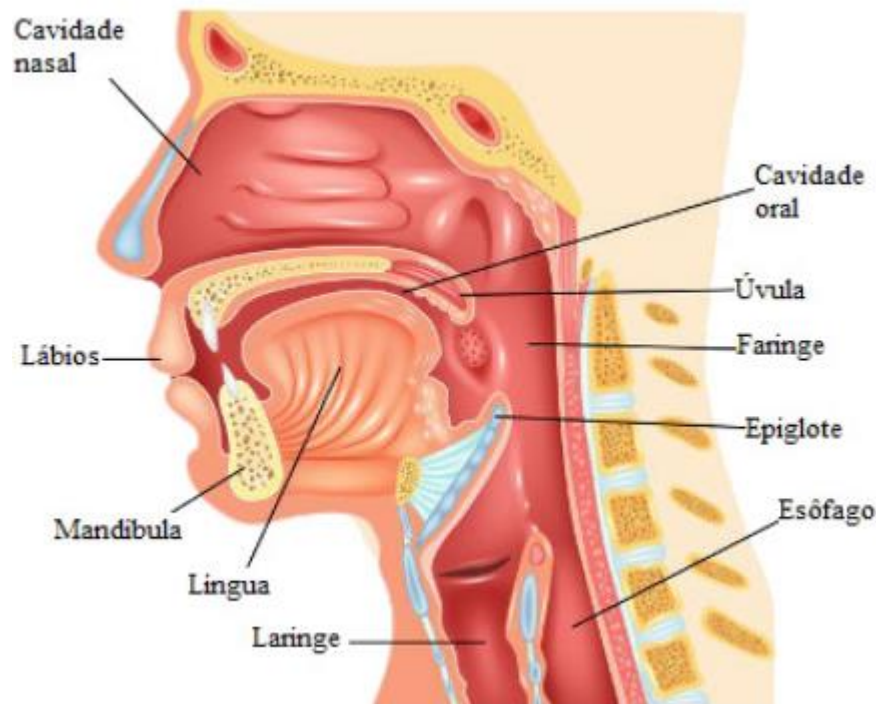
SISTEMA RESPIRATÓRIO



Nariz



- Pelos nasais: Filtração de partículas maiores
- Conchas nasais: região extremamente vascularizada - aquece o ar
- Cavidade nasal: contém células ciliadas e que produzem muco (ajudam no processo de limpeza e umidificam o ar)

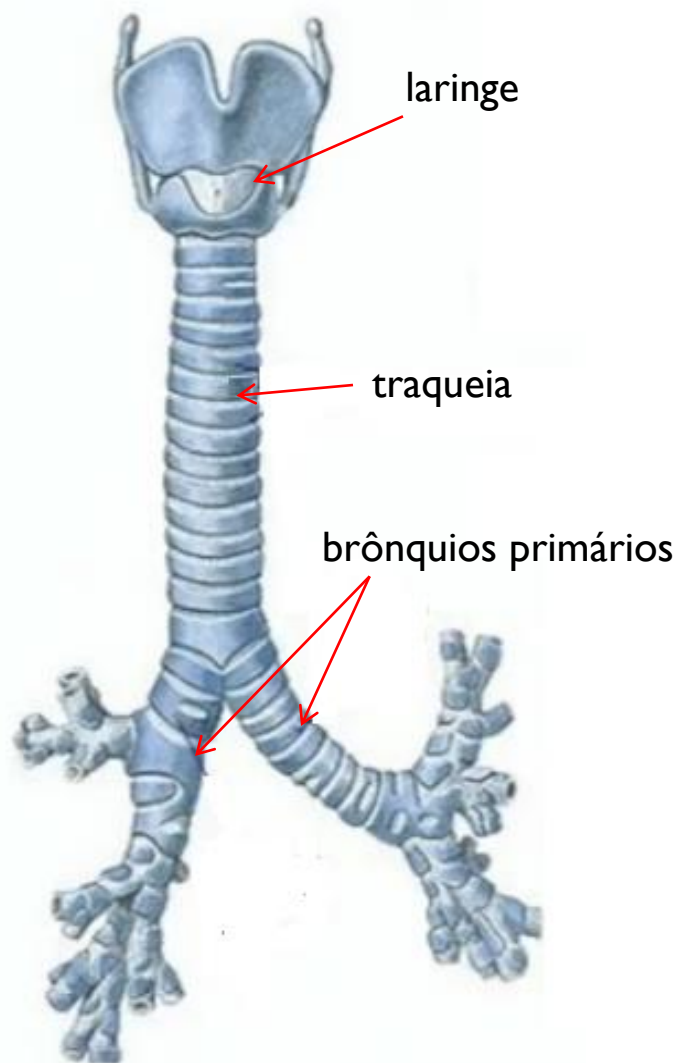


Faringe

- Liga a cavidade nasal à laringe
- Serve de passagem para o ar e alimentos
- Forma uma câmara de ressonância para a fala
- Laringofaringe: faz conexão com o esôfago e a laringe

Laringe

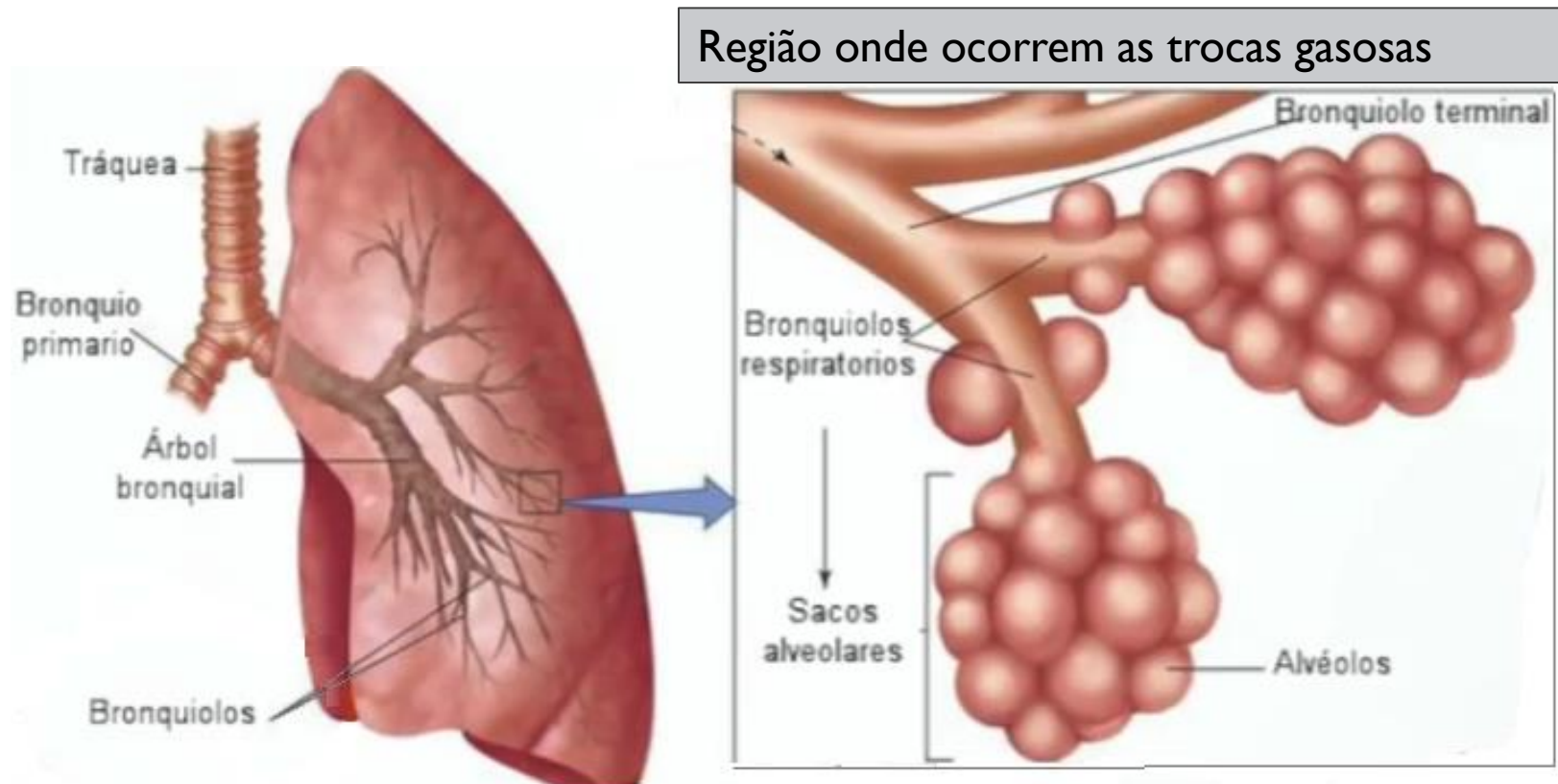
- Estrutura tubular, cartilaginosa, localizada entre a faringe e a traqueia
- Epiglote é uma cartilagem elástica, em forma de lâmina e serve para impedir que o alimento entre na laringe durante a deglutição
- Onde se localizam as cordas vocais
- Umedece, aquece e filtra o ar, através do muco secretado por sua mucosa



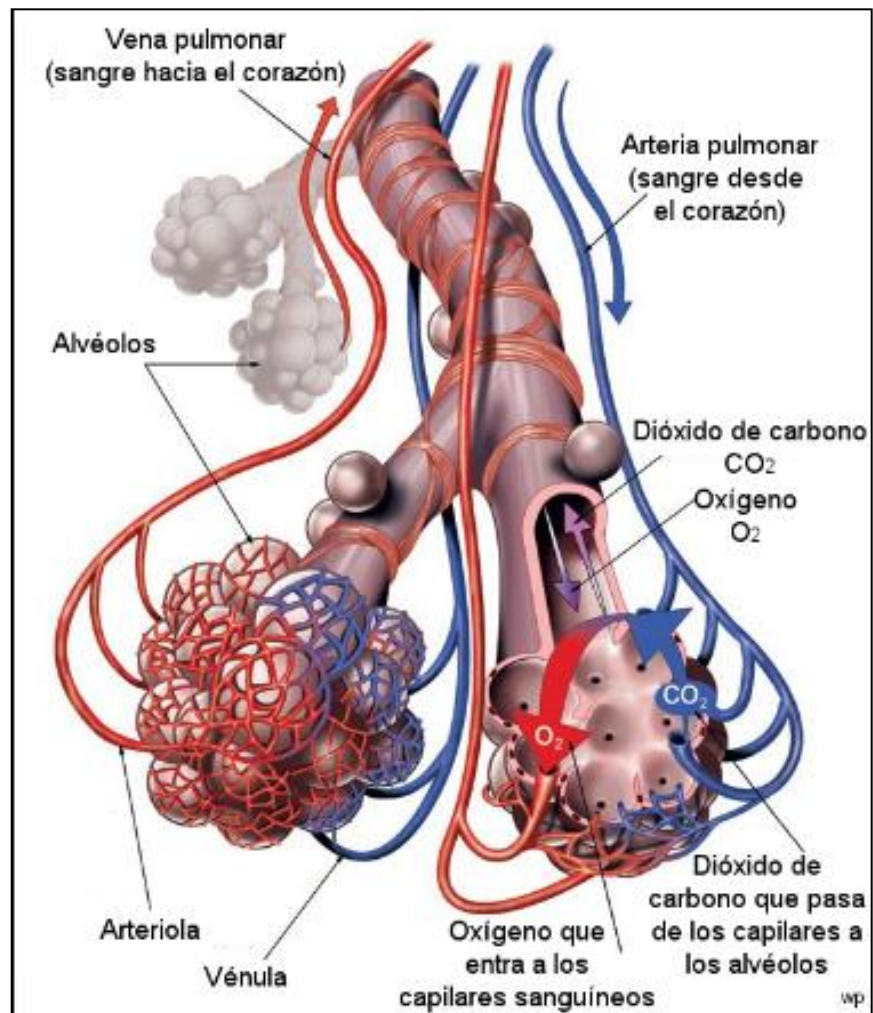
Traqueia

- Formada por anéis de cartilagem em forma de C
- Mede aproximadamente 12 cm de comprimento e 1,7 cm de diâmetro
- Revestida por células caliciformes produtora de muco; por células ciliadas que se movimentam deslocando o muco com as partículas e microorganismos depositados nas paredes tubulares em direção à faringe

Brônquios, bronquíolos e alvéolos

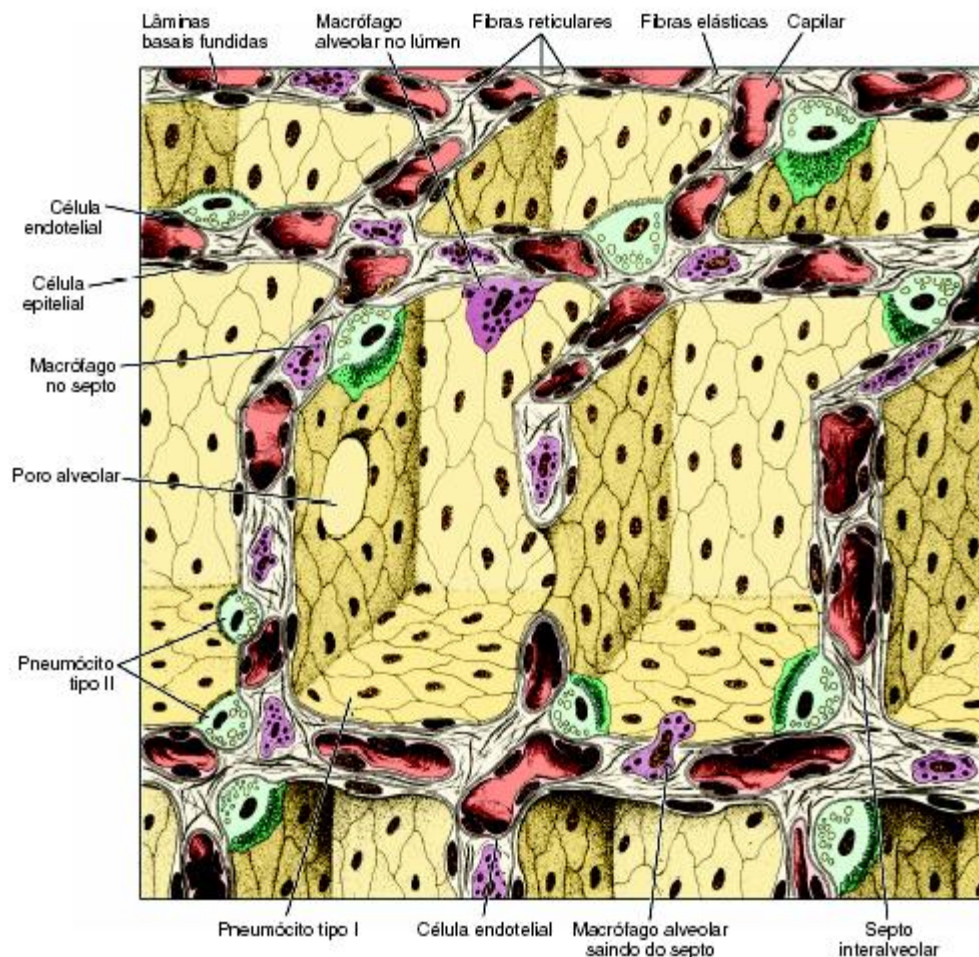


Alvéolos são pequenas bolsas abertas de um lado, formadas por um tecido elástico e permeável aos gases (espessura de 0,2 a 0,6 μm)



Adulto saudável: cerca de 300 milhões de alvéolos

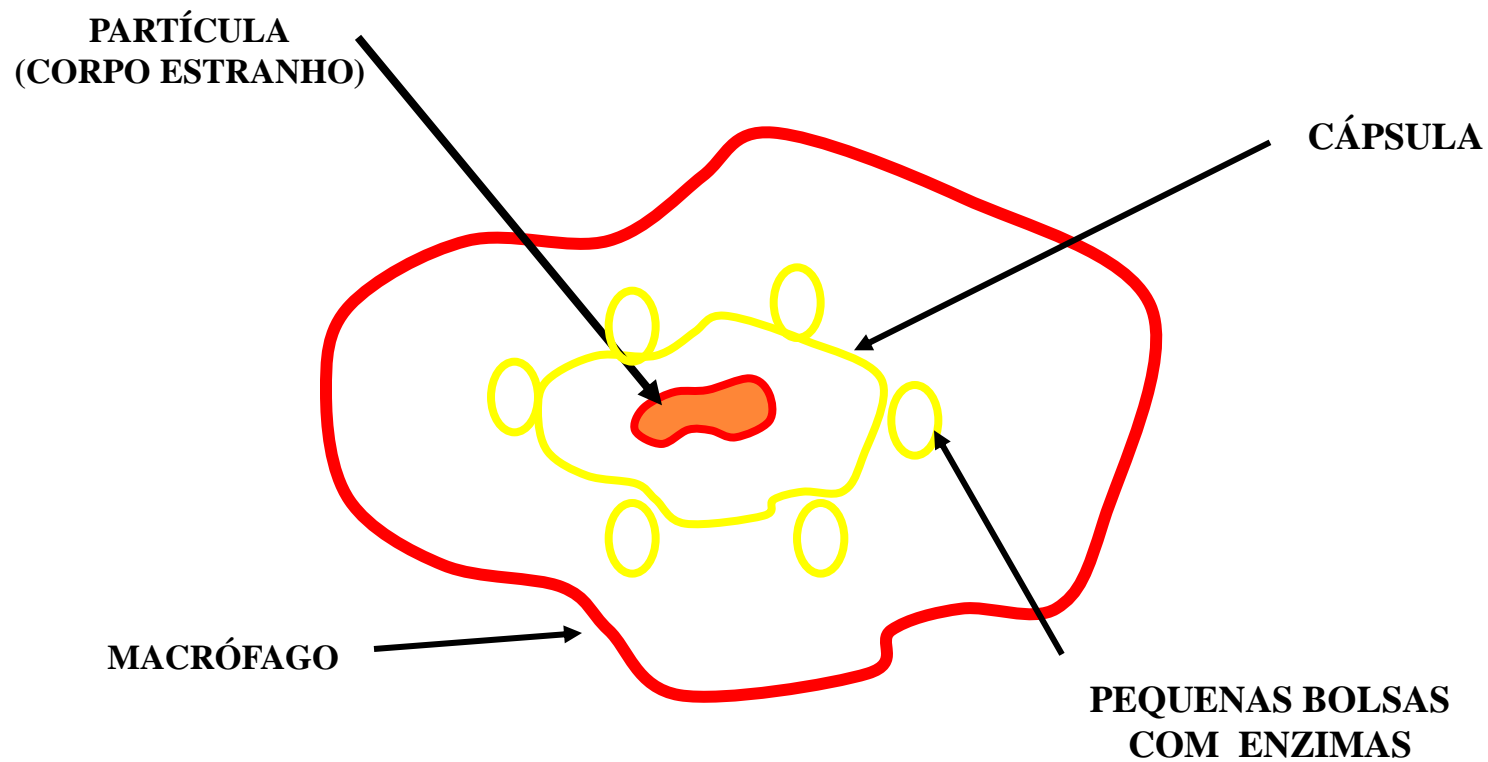
ESQUEMA TRIDIMENSIONAL DOS ALVÉOLOS PULMONARES



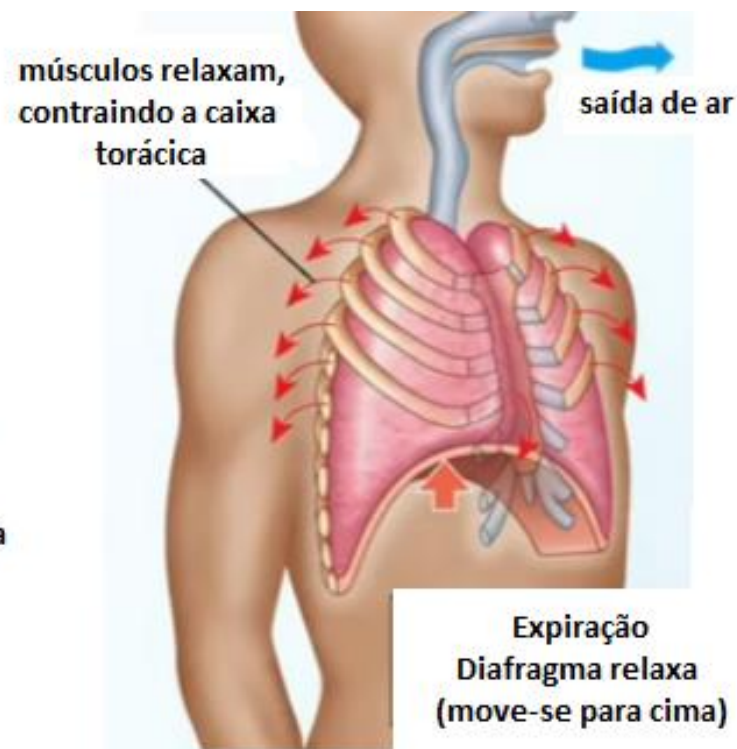
- Alguns macrófagos alveolares quando cheios de material fagocitado, migram pela árvore brônquica até a faringe e são deglutidos; outros permanecem no tecido alveolar cheio de material fagocitado.
- Nos capilares sanguíneos que circundam os alvéolos, também existem macrófagos que desempenham papel importante no processo de limpeza alveolar



MACRÓFAGO DIGERINDO UMA PARTÍCULA (aumento maior que 1000 vezes)



Respiração



A respiração ocorre por diferenças de pressão



Ar atmosférico – conceito de pressão parcial

Tabela: Composição do ar atmosférico seco (% em volume)

Componente	% (volume)
Oxigênio	20,93
Nitrogênio	78,10
Argônio	0,9325
Dióxido de carbono	0,04
Hidrogênio	0,01
Neônio	0,0018
Hélio	0,0005
Criptônio	0,001
Xenônio	0,000009

Fonte: ABNT/NBR 12543/2017

Estudo da fisiologia respiratória e riscos respiratórios: grandeza mais importante: ppO_2



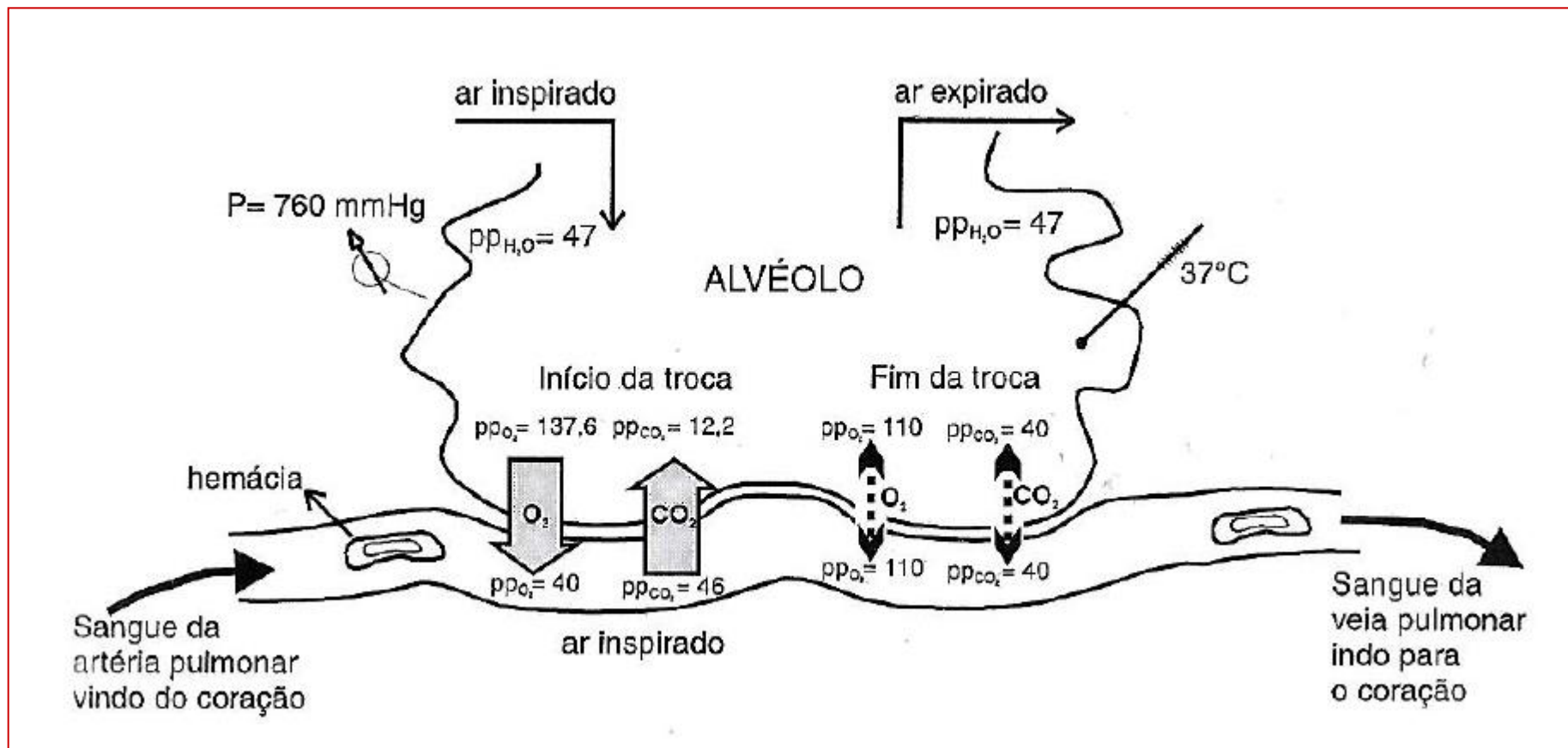
Pressão parcial

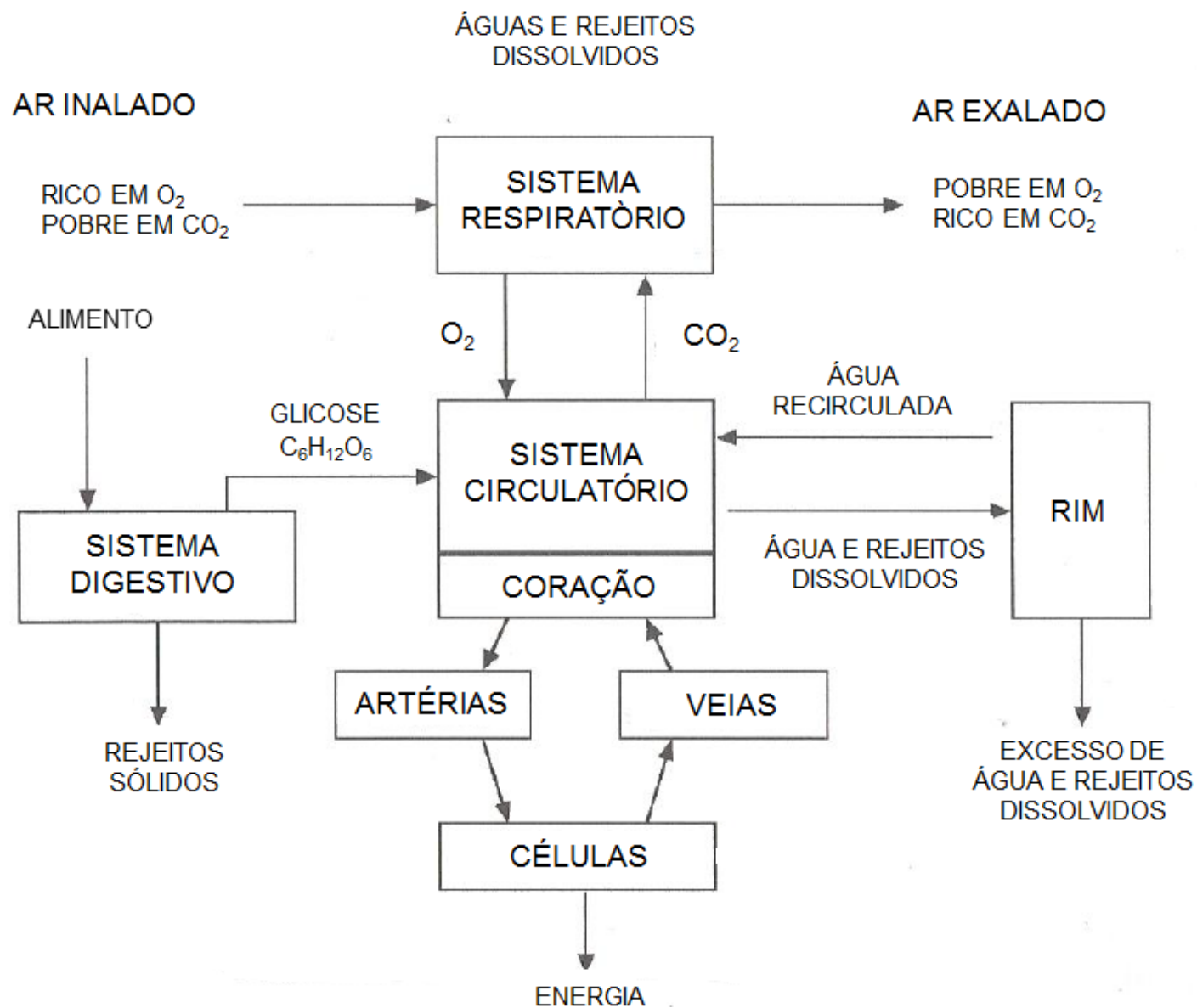
Pressão parcial: pressão que o componente da mistura gasosa exerceria no ambiente se ocupasse sozinho e na mesma temperatura todo o volume da mistura.

$$pp_{\text{componente}} = \frac{\% \text{ do componente (volume)} \times P_{\text{mistura}}}{100}$$

Considerando a composição aproximada para o ar atmosférico seco de 20,9 % de O_2 , 0,04% de CO_2 e 79,06% de N_2 , qual a pressão parcial desses componentes ao nível do mar (pressão atmosférica de 760 mmHg)? Qual a soma das 3 pressões parciais?

A troca de gases nos pulmões





Esquema do processo metabólico



CONSUMO DE AR POR ADULTOS

Atividade



DORMINDO
DESCANSANDO
TRABALHO LEVE
TRABALHO MÉDIO
TRABALHO MEDIANAMENTE PESADO
TRABALHO PESADO
MÁXIMO TRABALHO

Volume minuto (L/min)



6,0
9,3
19,7
29,2 (30,0)
40,0
95,0
132,0

FONTE: A GUIDE TO INDUSTRIAL RESPIRATORY PROTECTION NIOSH 1976



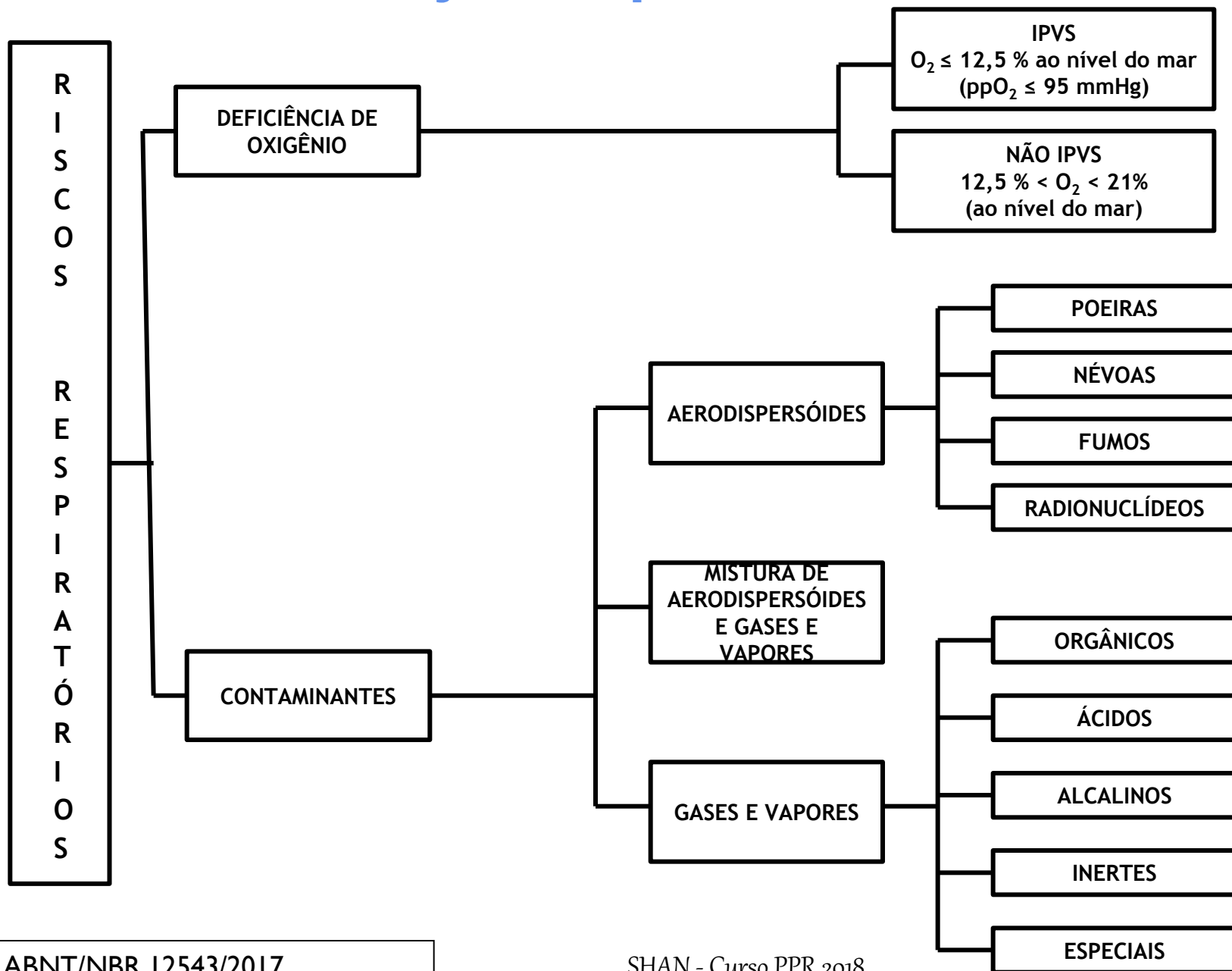
Quadro: Níveis de esforço e atividades correspondentes

Classificação	Nível de esforço Volume minuto (L/min)	Exemplos de atividades e trabalhos
Trabalho leve	20	Média para a jornada total, incluindo os tempos de parada. Sentado confortavelmente: trabalho manual leve (escrever, digitar, desenhar, costurar, escrituração contábil); trabalhos com mãos e braços (pequenas ferramentas de bancada, inspeção, seleção ou montagem de materiais leves); trabalhos com braços e pernas (dirigir veículos em condições normais, acionar chaves ou pedais com os pés; em pé com furadeira – peças pequenas – ou com retífica manual – peças pequenas – enrolar bobinas; operar máquinas de baixa potência).
Trabalho moderado	35	Média para a jornada total, incluindo os tempos de parada. Trabalho contínuo com mãos e braços (bater pregos, desbastar, limar, lixar); trabalhos com braços e pernas (operação de caminhões fora-de-estrada, tratores ou equipamentos de construção); trabalho com braços e tronco (com marteletes pneumáticos, montagem de tratores, rebocar paredes, movimentação intermitente de materiais moderadamente pesados, capinar, colher frutas ou legumes, puxar ou empurrar carretas leves ou carrinhos de mão, forjar peças, caminhar a uma velocidade até).
Trabalho pesado	50	Média para a jornada total, incluindo os tempos de parada. Trabalho intenso de braços e tronco (carregando materiais pesados, trabalho com pá, com marreta, serrar, trabalhos com plaina manual ou formão em madeira dura, com cortadores de grama manual, cavar, puxar ou empurrar carretas e carrinhos de mão pesadamente carregados, raspar e aparar peças fundidas, assentar blocos de concreto).
Trabalho muito pesado	65	Média para a jornada total, incluindo tempos de parada. Atividade muito intensa a um ritmo acelerado (trabalhos com machado, cavar ou trabalhar intensamente com pá, subir degraus, rampas ou escadas, caminhar rapidamente com pequenos passos, correr, caminhar a uma velocidade superior a 5,5 km/h).



Trabalho muito muito pesado	85	Trabalho contínuo de até 2 horas sem interrupção. Trabalho de resgate com equipamentos pesados e/ou equipamentos de proteção individual; escape de minas ou túneis; indivíduos em boa condição física exercendo 50% – 60% de sua capacidade aeróbica máxima; caminhar rápido ou correr com equipamentos de proteção individual e/ou ferramentas ou materiais; caminhar a em rampa com 10% de elevação.
Trabalho extremamente pesado	105	Trabalho contínuo de até 15 minutos sem interrupção. Trabalho de combate a incêndio e resgate de alta intensidade; indivíduos em boas condições físicas e bem treinados exercendo 70% – 80% de sua capacidade aeróbica máxima; inspeção em espaços contaminados; rastejar e escalar obstáculos; remover escombros/entulhos; carregar mangueira; caminhar a em rampa com 15% de elevação.
Trabalho máximo	135	Trabalho contínuo de até de 5 minutos sem interrupção. Trabalho de resgate e combate a incêndio na intensidade máxima; indivíduos em boas condições físicas e bem treinados exercendo 80% – 90% de sua capacidade máxima de trabalho físico; subir degraus e escadas em alta velocidade; remover e transportar vítimas; caminhar a em rampa com 20% de elevação.

Classificação dos riscos respiratórios com vistas à seleção de respiradores ou filtros



DEFICIÊNCIA DE OXIGÊNIO

Composição do ar atmosférico seco

Componente	% (volume)
Oxigênio	20,93
Nitrogênio	78,10
Argônio	0,9325
Dióxido de carbono	0,04
Hidrogênio	0,01
Neônio	0,0018
Hélio	0,0005
Criptônio	0,001
Xenônio	0,000009

→ $ppO_2 = 159 \text{ mmHg}$

$$ppO_2 = (\%O_2/100) \times (P_{\text{mistura gasosa}})$$

- Composição em volume dos gases no ar → não varia com altitude
- $P_{\text{mistura gasosa}}$ → diminui com o aumento da altitude
- $pp_{\text{componentes da mistura}}$ → diminui com o aumento da altitude



Altitude (m)	Pressão atmosférica (mmHg)	% O ₂ na atmosfera	ppO ₂ (mmHg)
Nível do mar	760	20,9	159
750	689	20,9	145
1524	627	20,9	131
2134	580	20,9	121
3030	523	20,9	110
4240	450	20,9	95
> 5900	< 387	20,9	< 81



DEFICIÊNCIA DE OXIGÊNIO

A diminuição do ppO_2 pode ocorrer devido:

1 – redução da porcentagem, em volume, do O_2

(Exs: presença de outros gases, como, por ex., CO_2 ; consumo do O_2 em uma reação, como a de oxidação de metais, combustão ou consumo metabólico)

2 – redução da pressão atmosférica



Altitude (m)	Pressão atmosférica (mmHg)	% O ₂ na atmosfera	ppO ₂ (mmHg)	% O ₂ equivalente ao nível do mar	ppO ₂ nos alvéolos (mmHg)	Saturação da hemoglobina (%)	Efeitos
Nível do mar	760	20,9	159	20,9	110	96	Nenhum.
750	689	20,9	145	19	95	94	Efeitos fisiológicos adversos não percebidos.
1524	627	20,9	131	17,2	80	93	Efeitos fisiológicos adversos não percebidos.
2134	580	20,9	121	16,0	70	92	Perda de adaptação ao escuro. Aumento da ventilação pulmonar e da função cardiológica. Falta de coordenação, de atenção e diminuição do raciocínio.
3030	523	20,9	110	14,0	60	90	Fadiga anormal com qualquer esforço. Coordenação precária, capacidade de raciocínio prejudicada. Risco de edema pulmonar e cerebral.
4240	450	20,9	95	12,5	48	83	Respiração prejudicada. Capacidade de raciocínio, de discernimento e coordenação motora muito baixa. Danos permanentes ao coração.
> 5900	< 387	20,9	< 81	< 10	< 33	< 70	Incapacidade de executar movimentos vigorosos. Perda de consciência. Convulsões e morte.

DEFICIÊNCIA DE OXIGÊNIO

20,9 % nível do mar
(ppO₂ = 159 mmHg)

Atmosfera normal

18 % nível do mar
(ppO₂ = 137 mmHg)

Valor legal

12,5 % nível do mar
(ppO₂ = 95 mmHg)

IPVS

Imediatamente
Perigosa à Vida
e à Saúde

0

NÃO IPVS

IPVS

Condição IPVS: refere-se à exposição respiratória aguda, que supõe uma ameaça direta de morte ou de consequências adversas irreversíveis à saúde, imediatas ou retardadas, ou exposição aguda aos olhos que impeça a fuga da atmosfera perigosa



ESPAÇOS CONFINADOS

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

Exs.: tanques, silos, poços, galerias de esgoto, tubulações, carros-tanque, fossas sépticas

- ✓ Trabalhos em espaços confinados devem seguir a NR33
- ✓ Espaço confinado com menos de 20,9% de O_2 → IPVS



RISCOS RESPIRATÓRIOS – PRESENÇA DE AGENTES QUÍMICOS

AERODISPERSÓIDE = AEROSSOL

Suspensão de partículas no ar

CONTAMINANTES PARTICULADOS:

- ✓ ***POEIRAS***
- ✓ ***NÉVOAS***
- ✓ ***NEBLINAS***
- ✓ ***FUMOS***



POEIRA

*Aerossol gerado
mecanicamente, constituído
por partículas sólidas
formadas por ruptura
mecânica de um sólido.*

*Ex.: aerossol formado na moagem
de rochas, no lixamento de madeira
ou metal, no manuseio de grãos,
etc.*



NÉVOA

Aerossol formado por partículas líquidas geradas por condensação de vapor, que retorna ao estado líquido, ou por desagregação (ruptura mecânica) do líquido.

Alguns autores consideram o aerossol formado por partículas líquidas geradas pela condensação do vapor como neblina e o formado por partículas líquidas geradas pela desagregação do líquido como névoa.



aerossol formado na nebulização de agrotóxicos



aerossol formado na pintura tipo spray

FUMOS

Aerodispersóides gerados termicamente, constituídos por partículas sólidas formadas pela condensação e solidificação de vapores, geralmente após volatilização de substância fundida. Essa volatilização frequentemente é acompanhada de reação química, como oxidação.

Exs: aerossol formado na operação de soldagem de metais ou plásticos e na fundição de metais





PARTÍCULAS (INSOLÚVEIS OU DE BAIXA SOLUBILIDADE) NÃO ESPECIFICADAS DE OUTRA MANEIRA (PNOS)

(Particulates (Insoluble) Not Otherwise Specified (PNOS) = Particulates Not Otherwise Classified (PNOC))

- 1. Substâncias para as quais não há evidência de efeitos tóxicos.**
- 2. Não causam fibrose ou efeitos sistêmicos, mas não são biologicamente inertes.**
- 3. Em alta concentração podem provocar a morte devido à proteinose alveolar (acúmulo de surfactante nos alvéolos, prejudicando as trocas gasosas).**
- 4. Em baixa concentração podem inibir a ação ciliar, fazendo com que substâncias tóxicas não sejam eliminadas.**
- 5. Diminuem a mobilidade dos macrófagos.**



PARTÍCULAS (INSOLÚVEIS OU DE BAIXA SOLUBILIDADE) NÃO ESPECIFICADAS DE OUTRA MANEIRA (PNOS)

(Particulates (Insoluble) Not Otherwise Specified (PNOS) = Particulates Not Otherwise Classified (PNOC))

Partículas para as quais ainda não há dados suficientes para demonstrar efeitos à saúde em concentrações geralmente encontradas no ar dos locais de trabalho. Essa definição se refere às partículas que não tenham um limite de exposição estabelecido; que sejam insolúveis ou fracamente solúveis em água ou nos fluidos aquosos dos pulmões; não sejam citotóxicas, genotóxicas ou quimicamente reativas com o tecido pulmonar; não emitam radiação ionizante; causem imunossensibilização ou outros efeitos tóxicos que não a inflamação ou a deposição excessiva.



PARTÍCULAS (INSOLÚVEIS OU DE BAIXA SOLUBILIDADE) NÃO ESPECIFICADAS DE OUTRA MANEIRA (PNOS)

(Particulates (Insoluble) Not Otherwise Specified (PNOS) = Particulates Not Otherwise Classified (PNOC))

O uso da expressão *Partículas Não Especificadas de Outra Maneira*, no lugar de partículas inertes ou incômodas, enfatiza que todas essas substâncias são potencialmente tóxicas.

TLV-TWA para partículas inaláveis = 10 mg/m³

TLV-TWA para partículas respiráveis = 3 mg/m³

TLV-TWA = Limite de exposição média ponderada no tempo (ACGIH)
(limite de exposição para jornada de 40 horas/semana)



GASES E VAPORES

GÁS: substância que nas condições normais de pressão e temperatura está no estado gasoso.

Exs.: cloro, amônia, gás sulfídrico, nitrogênio

VAPOR: fase gasosa de uma substância que existe normalmente no estado líquido ou sólido nas condições normais de temperatura e pressão

Exs:

vapores de líquidos: vapor de benzeno, de éter etílico, de solventes

vapores de sólidos: vapores de cânfora e de naftalina



GASES E VAPORES

CLASSIFICAÇÃO PARA EFEITO DA ESCOLHA DO FILTRO QUÍMICO

1 - GASES E VAPORES ORGÂNICOS

contaminantes gasosos que contêm carbono em sua estrutura molecular

Exs: acetato de etila, benzeno, xileno, álcool etílico, acetona, etc.

2 - GASES E VAPORES ÁCIDOS

contaminantes gasosos que já são ácidos ou que se tornam ácidos ao reagirem com a água

Exs: ácido clorídrico, dióxido de enxofre, cloro, flúor, gás sulfídrico, etc.



GASES E VAPORES

CLASSIFICAÇÃO PARA EFEITO DA ESCOLHA DO FILTRO QUÍMICO

3 - GASES E VAPORES ALCALINOS

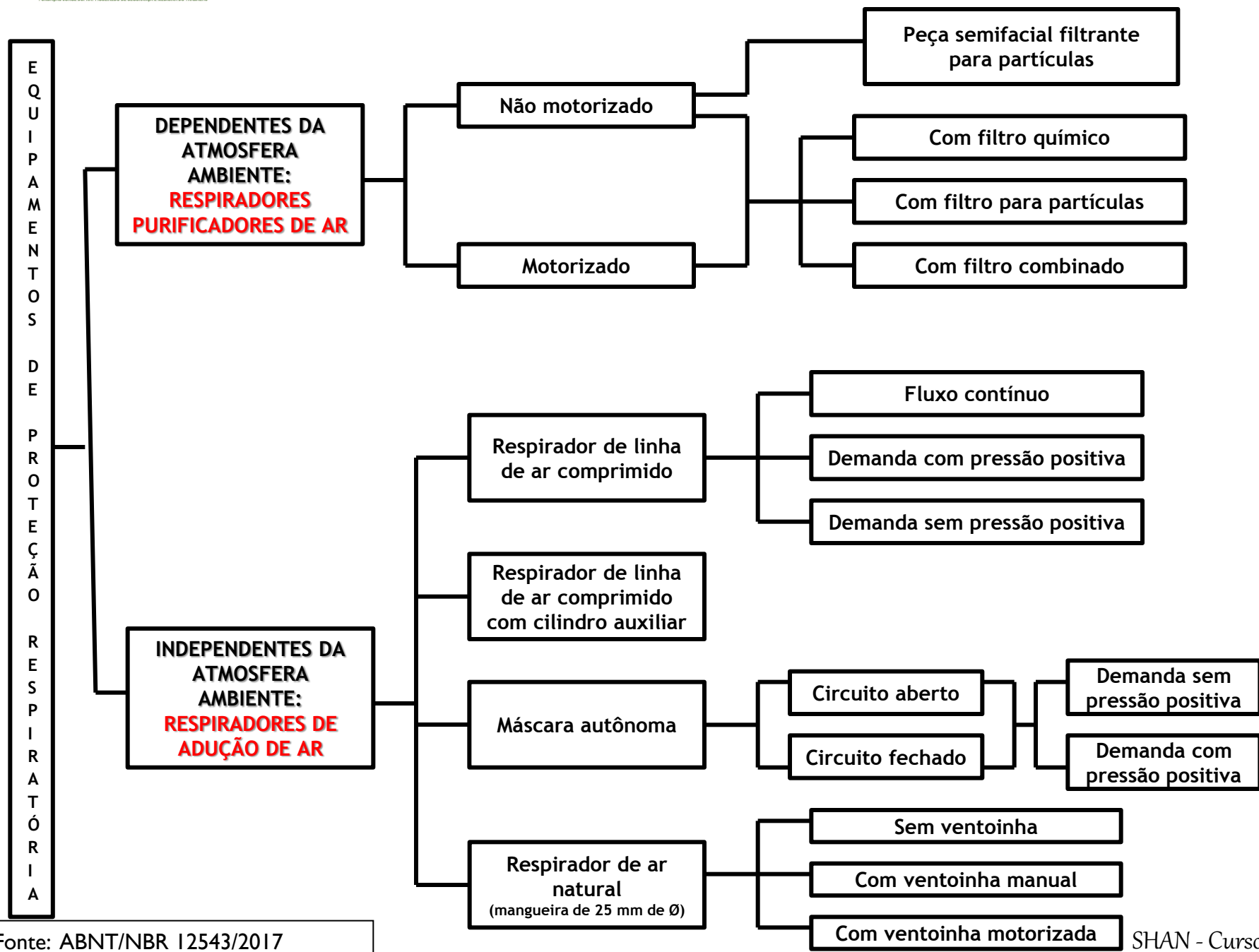
contaminantes gasosos que reagem com a água, produzindo íons OH^-

Exs: amônia, amina, etc.

4 - GASES E VAPORES ESPECIAIS

contaminantes gasosos que exigem filtros químicos especiais

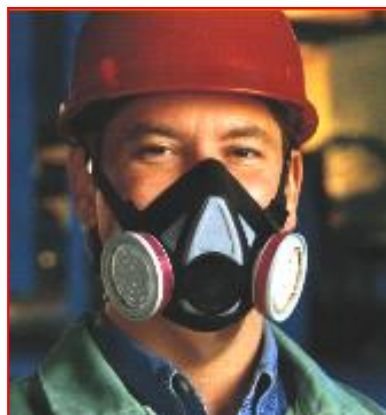
Exs: monóxido de carbono, vapor de mercúrio, etc.



Respiradores purificadores de ar

- Filtro remove as substâncias perigosas antes do ar ser inalado
- Não protegem contra a deficiência de O₂ ou fornecem O₂

Exemplos:



Respiradores purificadores de ar (não motorizados)

Peça semifacial filtrante (PFF) (máscara descartável)

- ➡ o próprio filtro é a cobertura das vias respiratórias e forma uma parte inseparável da peça



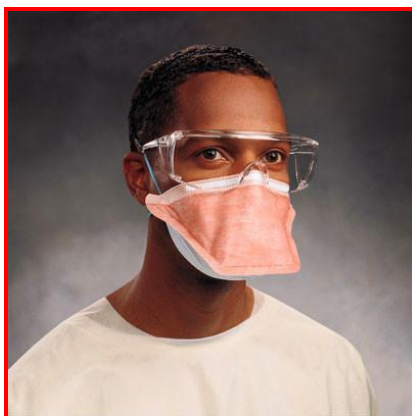
cobre a boca e o nariz e se apoia embaixo do queixo

filtro para partículas

Cobertura das vias respiratórias com vedação facial

Peça semifacial filtrante (PFF)

➔ Pode estar disponível em diversos formatos e tamanhos



válvula de exalação





Respiradores purificadores de ar (não motorizados)

Peça um quarto facial com filtro



cobre a boca e o nariz e se apoia sobre o queixo

Cobertura das vias respiratórias com vedação facial

Dependendo do filtro utilizado, pode remover partículas (filtros para partículas), gases e vapores (filtros químicos) ou ambos (filtros combinados)



Respiradores purificadores de ar (não motorizados)

Peça semifacial com filtros



cobre a boca e o nariz e se apoia embaixo do queixo

Cobertura das vias respiratórias com vedação facial

Dependendo do filtro utilizado, pode remover partículas (filtros para partículas), gases e vapores (filtros químicos) ou ambos (filtros combinados)



Respiradores purificadores de ar (não motorizados)



Filtro único



Filtros aos pares
(filtros iguais nos dois lados)



válvula de inalação

válvula de exalação

Respiradores purificadores de ar (não motorizados)

Peça facial inteira com filtro(s)



filtro



peça facial inteira

cobre os olhos, a boca e o nariz

Dependendo do filtro utilizado, pode remover partículas (filtros para partículas), gases e vapores (filtros químicos) ou ambos (filtros combinados)

Cobertura das vias respiratórias com vedação facial

Peça facial inteira

válvula de inalação



Válvula de exalação



Alguns modelos podem ter:

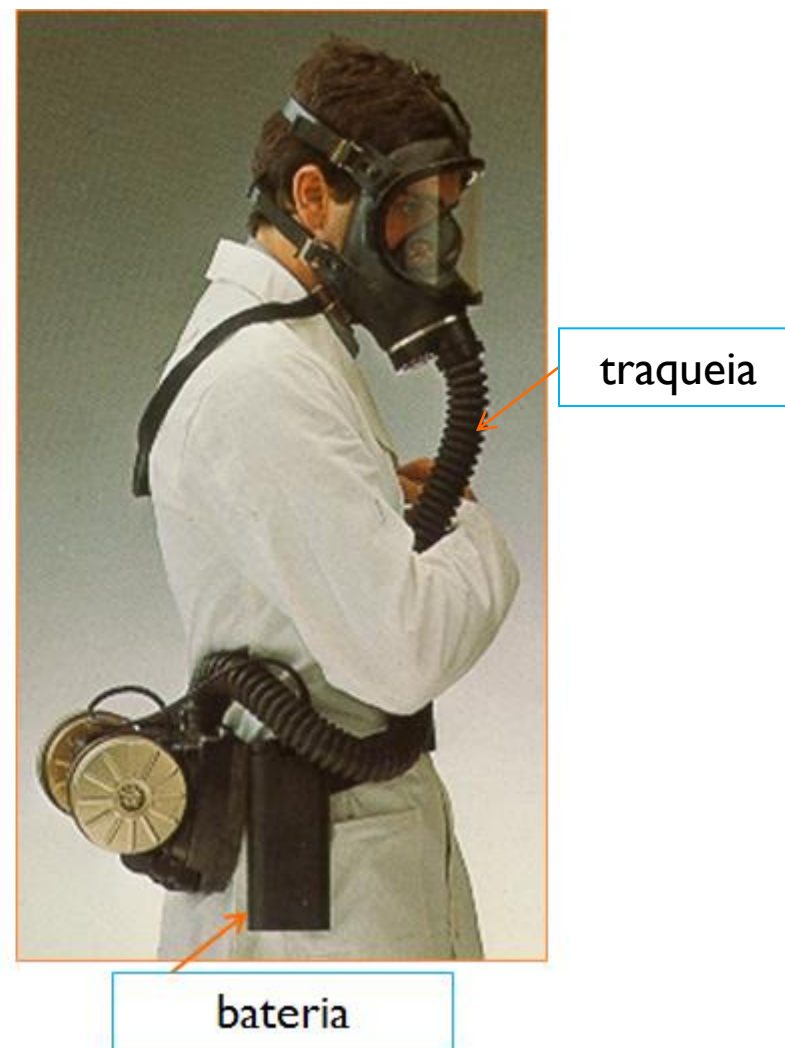
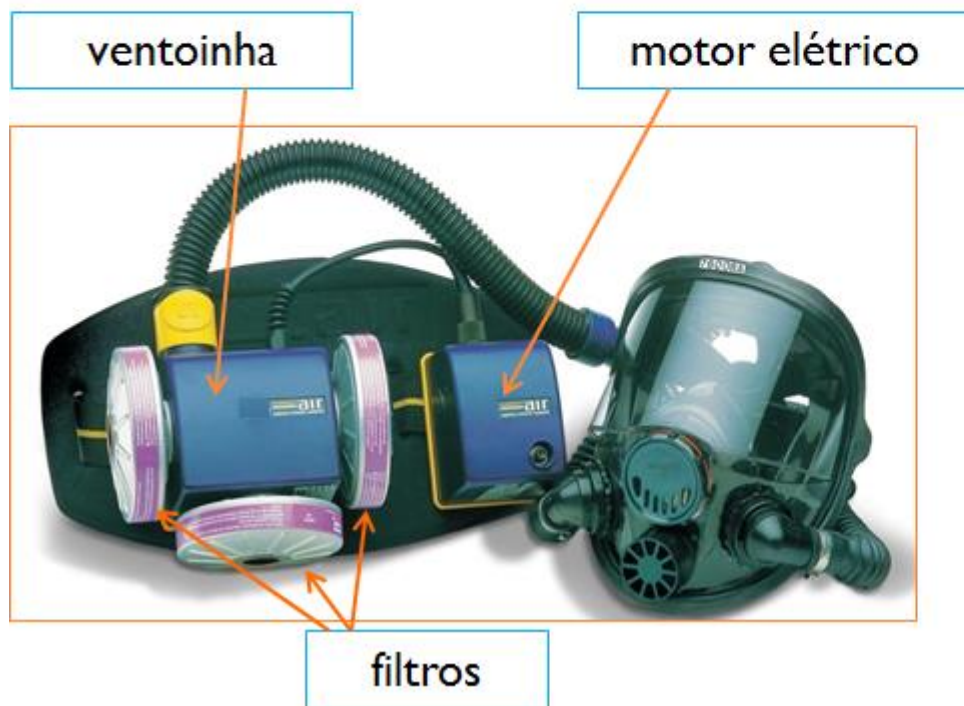
armação específica para lentes
corretivas de óculos convencionais



diafragma de voz
(facilita a comunicação oral)

Respiradores purificadores de ar motorizados

Peça facial inteira -
com contato facial



- Pressão positiva no interior das vias respiratórias → vazamento de ar direcionado para fora
- Pode ocorrer uma queda no nível de proteção do respirador, no caso de alta demanda instantânea de ar ou entupimento do filtro

Respiradores purificadores de ar motorizados - funcionamento



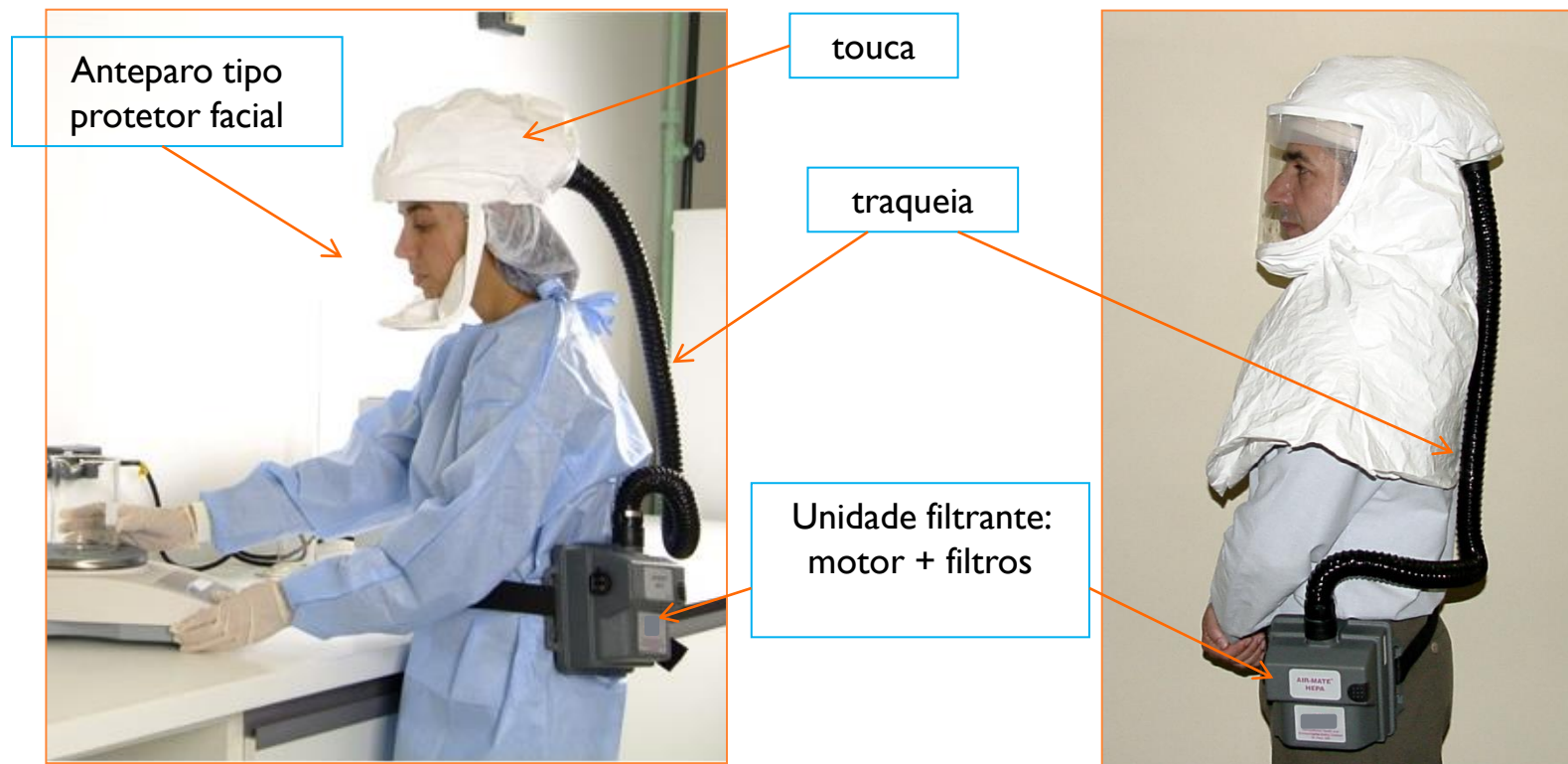
ventoinha movida por motor elétrico

- A cobertura das vias respiratórias pode ser do tipo peça facial, capuz, capacete, touca ou protetor facial
- Fornecem ar purificado para a cobertura das vias respiratórias em quantidade superior à demanda do usuário, gerando uma pressão positiva dentro dela
- Quando filtro está entupido ou a bateria com pouca carga, a pressão dentro da cobertura das vias respiratórias pode ficar menor do que a pressão do ambiente

Respiradores purificadores de ar motorizados

Touca de proteção respiratória -
sem contato facial

Capuz de proteção respiratória -
sem contato facial



Respiradores purificadores de ar motorizados

Capacete de proteção respiratória -
sem contato facial





FILTROS PARA PARTÍCULAS

Tipos de filtros para partículas



formato sanfonado

formato plano

FILTROS PARA PARTÍCULAS

Tipos de filtros para partículas



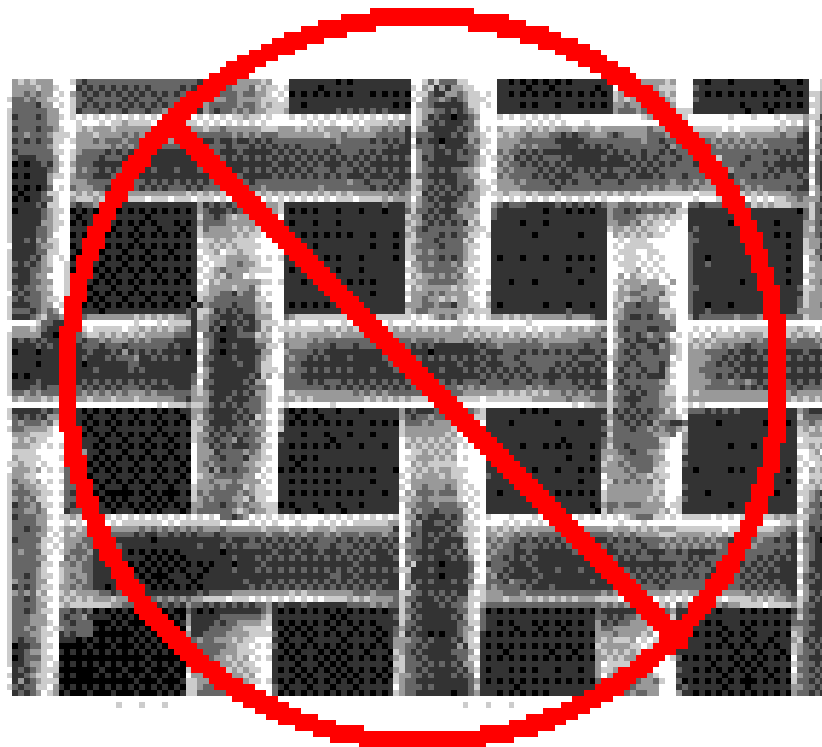
formato tipo bolacha



FILTROS PARA PARTÍCULAS

TEORIA DE FILTRAÇÃO

- ✓ Filtro não é uma malha tecida ou rede
- ✓ As partículas não são coletadas na superfície dos filtros.



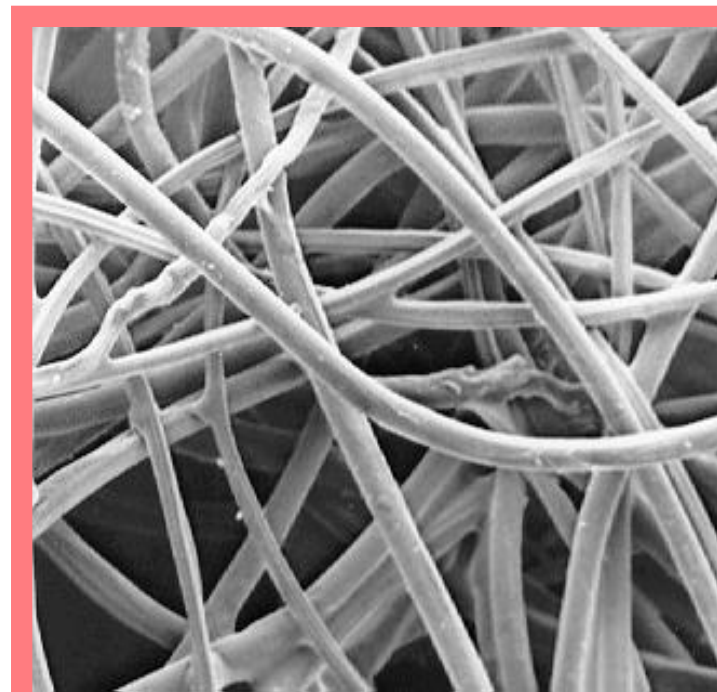
FILTROS PARA PARTÍCULAS

TEORIA DE FILTRAÇÃO

COMO AS PARTÍCULAS DO AEROSSOL SÃO CAPTURADAS?

Filtros para partículas:

- Formados por camadas de fibras finas dispostas de modo não orientado
- Material:
 - fibras naturais: algodão, celulose
 - polímeros: polipropileno, poliéster, polietileno
 - fibra de vidro

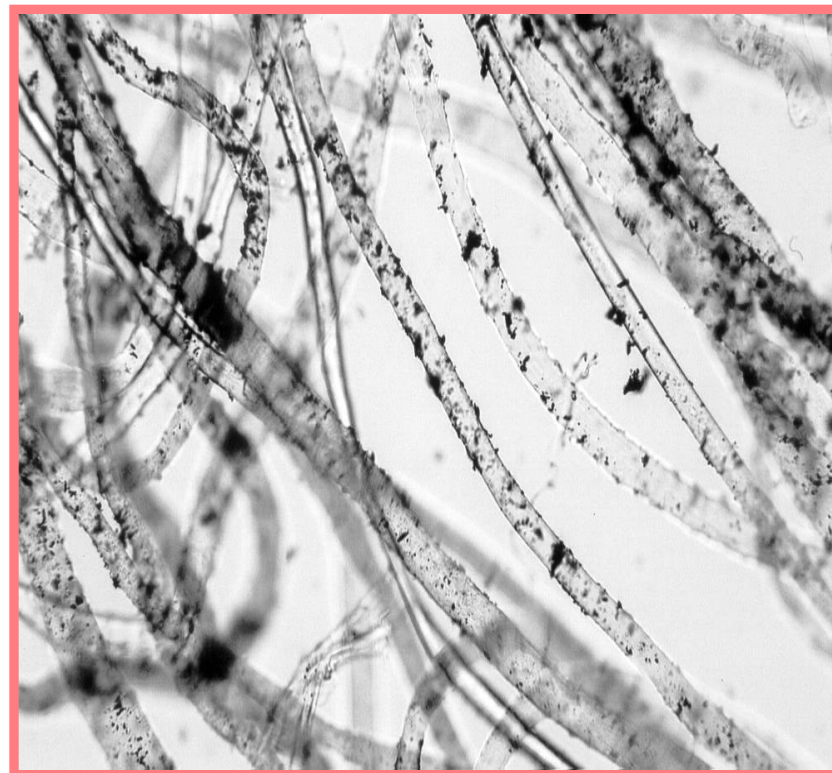


FILTROS PARA PARTÍCULAS

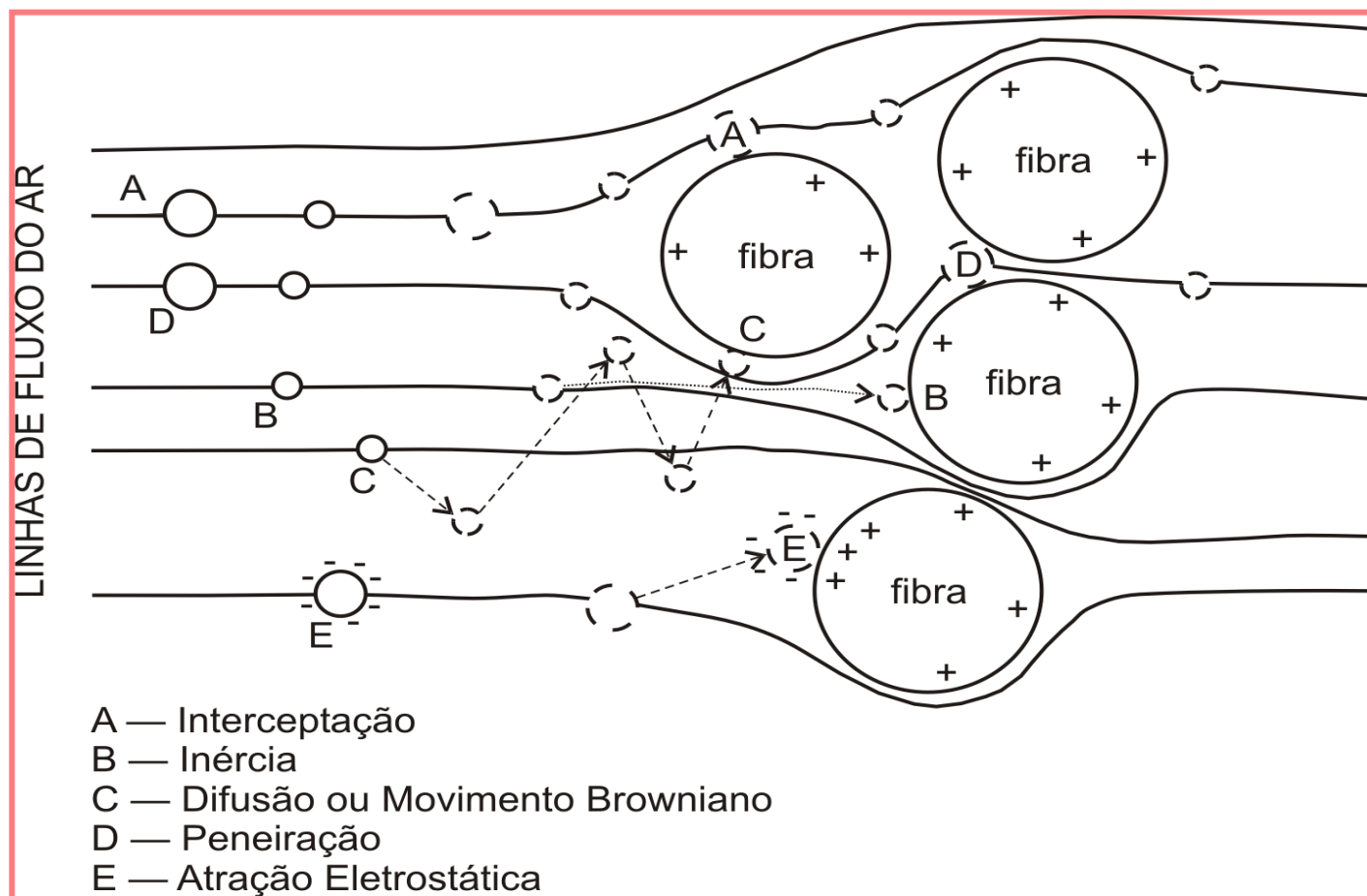
TEORIA DE FILTRAÇÃO

ONDE FICAM PRESAS AS PARTÍCULAS DE AEROSSOL?

- ✓ Na superfície das fibras
- ✓ Partícula que toca na fibra fica retida (forças de superfície)



REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DOS MECANISMOS DE RETENÇÃO DAS PARTÍCULAS NAS FIBRAS DE UM FILTRO



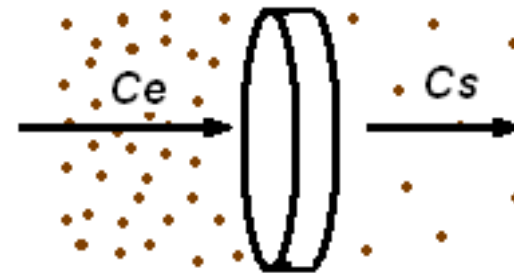
EFICIÊNCIA DE FILTRAÇÃO E PENETRAÇÃO

- ☑ Definem o desempenho de um filtro na captura de partículas suspensas no ar:

Eficiência (%) = quantidade de partículas retidas/quantidade de partículas na entrada

$$\text{Eficiência (\%)} = (C_e - C_s / C_e) \times 100$$

$$\text{Penetração (\%)} = (C_s / C_e) \times 100$$

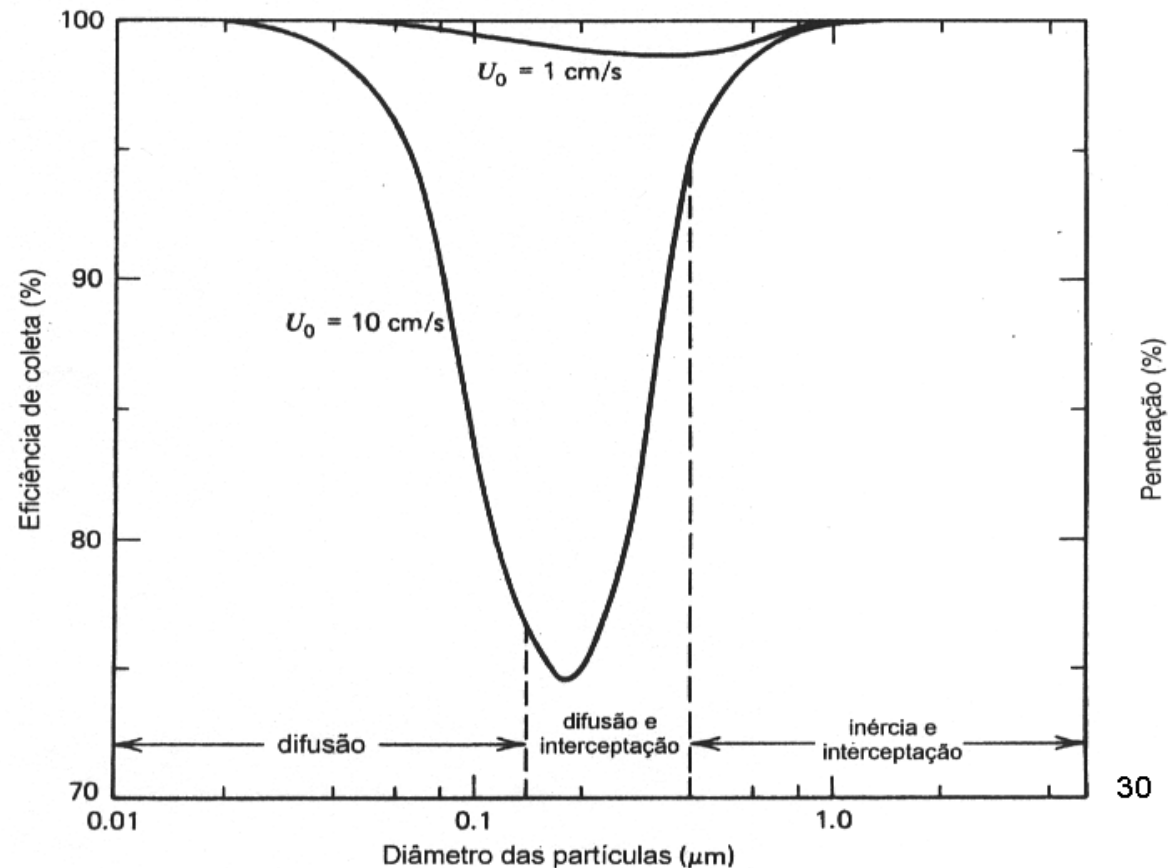


Ex: se eficiência = 80 %
penetração = 20 %

onde: C_s = concentração na saída
 C_e = concentração na entrada

VARIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE FILTRAÇÃO COM O TAMANHO DAS PARTÍCULAS

Partícula mais penetrante: $\pm 0,3 \mu\text{m}$



CLASSIFICAÇÃO DOS FILTROS PARA PARTÍCULAS

**Penetração máxima permitida com fluxo contínuo de ar de 95 L/min
(carregamento de 150 mg do aerossol de ensaio)**

Classe do Respirador (NBR 13698/2011)	Penetração (NaCl)	Penetração (Óleo de Parafina ou DOP)	Classe do Filtro (NBR 13697/2010)	Penetração (NaCl)	Penetração (Óleo de Parafina ou DOP)
PFF-1	20 %	20 %	P-1	20 %	20 %
PFF-2	6 %	6 %	P-2	6 %	6 %
PFF-3	1 %	1 %	P-3	0,05%	0,05%

Resistência máxima à respiração

Classe do Respirador (NBR 13698/2011)	30 L/min	95 L/min	Classe do Filtro (NBR 13697/2010)	30 L/min	95 L/min
PFF-1	60 Pa	210 Pa	P-1	60 Pa	210 Pa
PFF-2	70 Pa	240 Pa	P-2	70 Pa	240 Pa
PFF-3	100 Pa	300 Pa	P-3	120 Pa	420 Pa



FILTROS QUÍMICOS

TIPOS:

- a) Vapores orgânicos – uso contra certos vapores orgânicos, conforme especificado pelo fabricante.
- b) Gases ácidos – uso contra gases ácidos, conforme especificado pelo fabricante (excluindo monóxido de carbono).
- c) Amônia – uso contra amônia e compostos orgânicos da amônia, conforme especificado pelo fabricante.
- d) Especiais – uso contra contaminantes específicos não incluídos nos tipos anteriores, como: mercúrio, cloreto de vinila óxido de etileno, monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio e formaldeído

FILTROS MULTITIPOS: combinação de dois ou mais dos tipos citados



FILTROS QUÍMICOS

CLASSES:

- ✓ FILTRO QUÍMICO DE BAIXA CAPACIDADE (FBC)
- ✓ CLASSE 1
- ✓ CLASSE 2
- ✓ CLASSE 3

OBSERVAÇÃO:

- ✓ Filtro multitypo pode ter tipos pertencentes a classes diferentes
- ✓ Os filtros especiais não necessitam obrigatoriamente ser classificados

FILTROS QUÍMICOS

CLASSE 3 GRANDE



CLASSE 2 MÉDIO



CLASSE 1 PEQUENO



FILTROS QUÍMICOS CLASSE 1





FILTROS QUÍMICOS



Filtro multitempo com tipos
pertencentes a classes diferentes



Filtro com indicador de vida útil

Indicador de vida útil: indica quando o filtro
não é mais eficiente na retenção do
contaminante

Filtros para CO, vapor de Hg, óxido de etileno



Mecanismo de retenção de gases e vapores no filtro químico

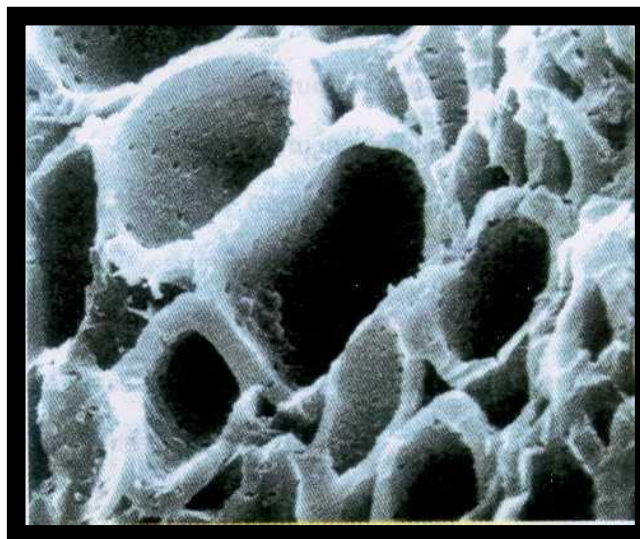
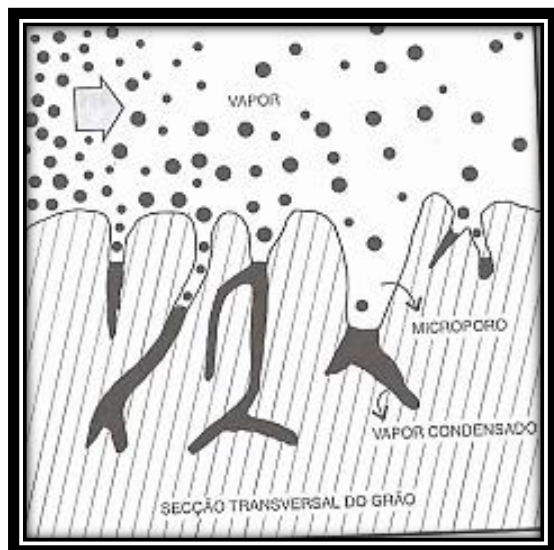
- ✓ Os filtros químicos removem os gases e vapores contidos no ar devido à interação das moléculas do gás ou vapor com o material granulado contido em seu interior.
- ✓ A retenção ocorre por vários mecanismos, dependendo da natureza química do contaminante gasoso e do tipo de recheio do filtro.

Mecanismo de retenção de gases e vapores no filtro químico

ADSORÇÃO

As moléculas de certos gases e vapores são atraídas por forças de superfície existentes no carvão ativo e acabam se fixando na sua superfície. O carvão ativo utilizado nos filtros químicos possuem área superficial de 1000 a 2000 m²/g. A maioria dos vapores orgânicos são retidos por este mecanismo. A umidade também é adsorvida.

Ex.: vapor de acetato de etila, benzeno, tetracloreto de carbono.





ABSORÇÃO

O carvão ativo é impregnado com substâncias apropriadas que reagem quimicamente com as moléculas dos gases e vapores que chegam ao filtro. Os gases ácidos, a amônia são retidos por este mecanismo.

CATÁLISE

O catalisador é uma substância que influi na velocidade da reação entre as substâncias. Nos filtros contra monóxido de carbono é usado o catalisador hopcalite, mistura de grãos porosos feitos de óxido de cobre e manganês. Esse catalisador acelera a reação entre o monóxido de carbono, tóxico, e o oxigênio, formando o gás carbônico, menos tóxico. Como a umidade do ar destrói a capacidade de catálise do hopcalite, esse catalisador fica sempre entre duas camadas do agente de secagem.

Enquanto a capacidade de adsorção, absorção ou catálise não é ultrapassada, o filtro é 100% eficiente.



FILTRO QUÍMICOS

VIDA ÚTIL EM USO: duração de um filtro que está sendo empregado no ambiente de trabalho

Depende de parâmetros como:

- ✓ Qualidade, densidade e uniformidade do recheio do filtro;
- ✓ Condições de exposição:
 - Concentração do agente químico
 - Presença simultânea de outros agentes químicos
 - Demanda de ar pelo usuário
 - Temperatura e umidade relativa do ar

Alguns fabricantes apresentam programas para o cálculo de vida útil em uso (troca programada dos filtros) para os filtros fabricados por eles.



FILTROS COMBINADOS (FILTRO QUÍMICO + FILTRO PARA PARTÍCULAS)



FILTROS COMBINADOS (FILTRO QUÍMICO + FILTRO PARA PARTÍCULAS)





Não é permitido o uso de PFF que possua camada de carvão ativado para proteção contra a inalação de vapores orgânicos



Respiradores de adução de ar

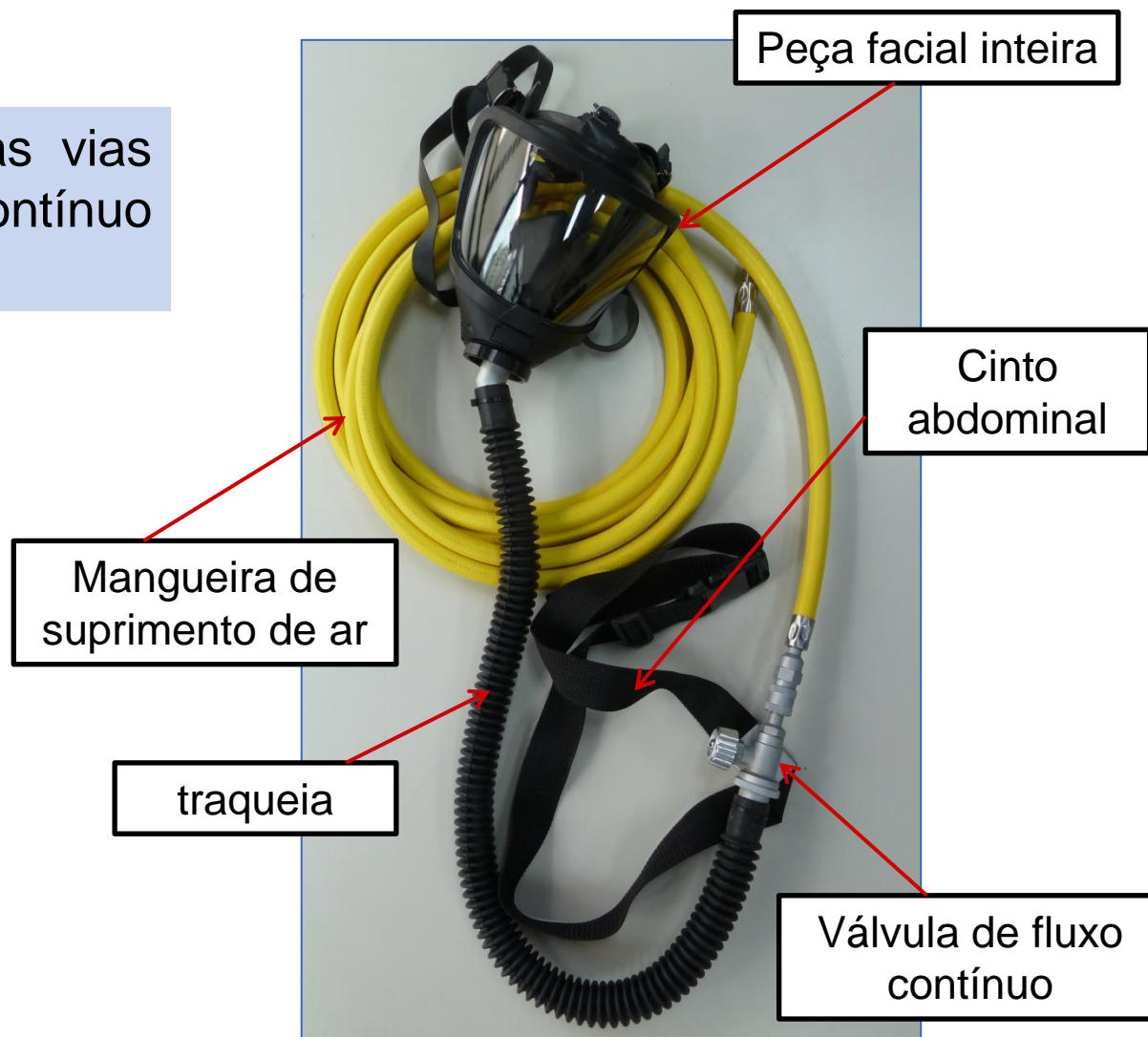
- Fornecem ao usuário ar/gás respirável vindo de uma atmosfera independente do ar ambiente em que ele se encontra
 - a) Respiradores de linha de ar comprimido
 - b) Respiradores de linha de ar comprimido com cilindro auxiliar para fuga
 - c) Máscara autônoma
 - d) Respiradores de ar natural

Respiradores de adução de ar

👉 Linha de ar comprimido de fluxo contínuo

Fornece à cobertura das vias respiratórias um fluxo contínuo de ar respirável

O ar que chega garante, quase sempre, pressão ligeiramente positiva dentro da cobertura das vias respiratórias (capuz e capacete com, no mínimo, 170 L/min, e peça facial com, no mínimo, 120 L/min).



Respiradores de adução de ar

**LINHA DE AR COMPRIMIDO DE FLUXO
CONTÍNUO COM PEÇA SEMIFACIAL**



**LINHA DE AR COMPRIMIDO DE FLUXO
CONTÍNUO COM CAPUZ**



Respiradores de adução de ar

LINHA DE AR COMPRIMIDO DE FLUXO CONTÍNUO COM CAPACETE PARA JATEAMENTO



Respiradores de adução de ar

↪ Respiradores de linha de ar comprimido de demanda sem pressão positiva

- Somente usam peça semifacial ou facial inteira
- Válvula de demanda libera o fluxo de ar respirável somente durante a inalação do usuário
- Durante a inalação, a pressão dentro da cobertura das vias respiratórias é menor que a pressão do ambiente externo



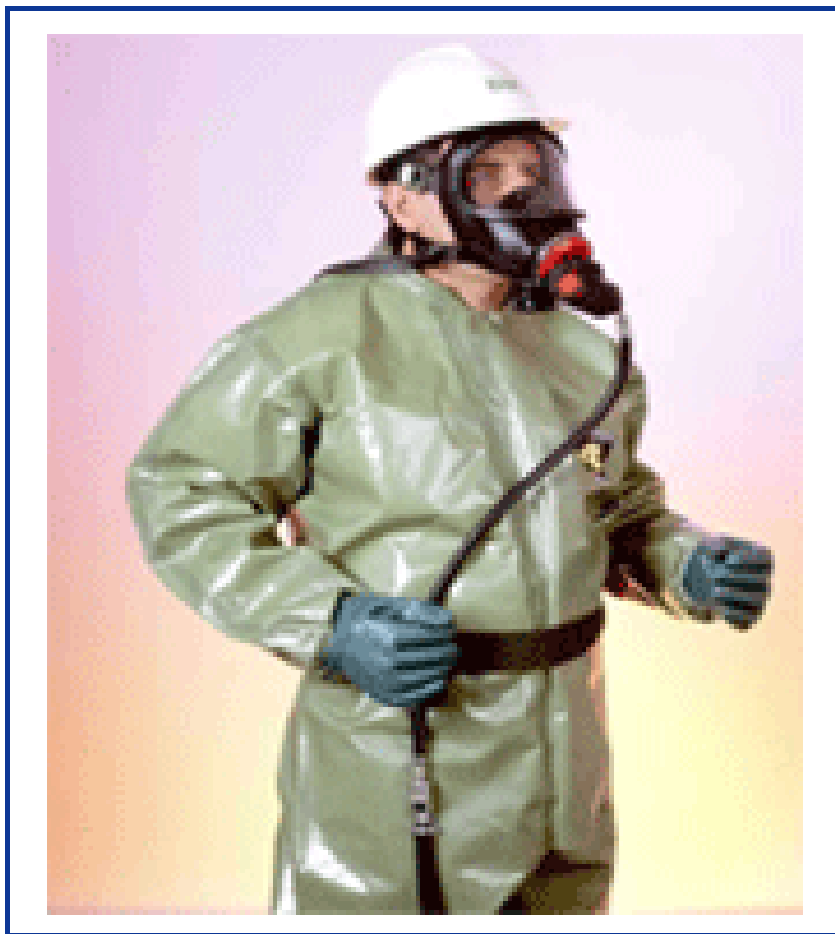
Respiradores de adução de ar

↪ Respiradores de linha de ar comprimido de demanda com pressão positiva

- Respiradores com peça semifacial ou facial inteira
- Válvula de exalação possui uma mola do lado externo que garante, uma pressão acima da pressão ambiente (pressão positiva) dentro da peça, mesmo durante a inalação.
- Quando a pressão dentro da peça facial diminui, por exemplo, por vazamento acidental ou devido à inalação, a válvula de demanda abre, repondo ar para garantir a pressão positiva.
- Alguns modelos usam capuz com uma peça facial no seu interior para garantir a selagem.

Respiradores de adução de ar

LINHA DE AR COMPRIMIDO DE DEMANDA COM PRESSÃO POSITIVA



Peça facial com
válvula de exalação
com sistema de
pressão positiva

Válvula de
demanda



Mangueira
de média
pressão

Sistema de
conexão

Respiradores de adução de ar

↪ Linha de ar comprimido de demanda com pressão positiva com cilindro auxiliar para fuga





Respiradores de adução de ar

➤ Máscaras autônomas

- Usuário transporta junto ao corpo o próprio suprimento de ar/gás respirável

➤ Máscara autônoma de circuito aberto:

- ✓ Ar inalado → provém do cilindro de ar/gás respirável
- ✓ Gás exalado → sai para o ambiente através da válvula de exalação
- ✓ Autonomia varia de 30 minutos a 1 hora
- ✓ Existem modelos que operam sob demanda com pressão positiva e outros sob demanda sem pressão positiva

Respiradores de adução de ar

MÁSCARA AUTÔNOMA DE CIRCUITO ABERTO DE DEMANDA COM PRESSÃO POSITIVA





➡ **Máscara autônoma de circuito fechado:**

- ✓ Gás exalado → não sai para o ambiente
- ✓ Gás exalado é purificado: CO_2 gerado no ciclo respiratório é removido ou transformado por reagente químico, o oxigênio consumido é repostado e o ar exalado é reinalado. A reposição do oxigênio é feita por:
 - cilindro de oxigênio gasoso comprimido;
 - cilindro de oxigênio líquido;
 - oxigênio gerado quimicamente (reação com K_2O)

Respiradores de adução de ar

MÁSCARA AUTÔNOMA DE CIRCUITO FECHADO



Dependendo do modelo, a autonomia varia de 30 min a 4 h



Qualidade do ar respirável (de acordo com a norma NBR 12543)

Componente	Quantidade máxima para o ar gasoso (em ppm) (v/v) (mol/mol), a menos que indicada de outro modo
Oxigênio (% em volume) (o restante, com predominância de N ₂).	atm ⁽¹⁾ 19,5 a 23,5
Água	(2)
Ponto de orvalho (°C)	(2)
Óleo (condensado) (mg/m ³ nas CNPT)	5 ⁽³⁾
Monóxido de carbono	10 ⁽⁴⁾ e ⁽⁵⁾
Odor	(6)
Dióxido de carbono	1000 ⁽⁵⁾

1) o termo atm (atmosférico) indica o teor de oxigênio normalmente presente no ar atmosférico; os valores numéricos indicam os limites de oxigênio para o ar sintético.

2) a umidade relativa do ar comprimido pode variar de acordo com o uso a que se destina, desde saturado até muito seco. O ponto de orvalho do ar respirável das máscaras autônomas, usadas em condições extremamente frias, deve ser tal que impeça a condensação e o congelamento do vapor de água e deve estar abaixo de -45,6° C (63 ppm) ou estar 5,6 ° C abaixo da mínima temperatura esperada na sua utilização. Se for necessário especificar um limite para a umidade, ele deve ser expresso em termos da temperatura de orvalho ou concentração em ppm (v/v). O ponto de orvalho deve ser expresso em °C, na pressão absoluta de 101 kPa (760 mmHg).

3) para ar sintético, quando o O₂ e o N₂ forem produzidos por liquefação de ar, este requisito não necessita de verificação.

4) não requerido para ar sintético quando o componente N₂ for previamente analisado e satisfizer o *National Formulary (The United States Pharmacopeia/National Formulary*, última edição, United States Pharmacopeia Convention Inc., 12601 Twinbrook Parkway, Rockville, MD 20852).

5) não requerido para ar sintético quando o componente O₂ for produzido por liquefação do ar e satisfizer as especificações da *United States Pharmacopeia (USP)*.

6) o ar pode ter um ligeiro odor, porém, se for pronunciado, é impróprio para consumo. Não existe procedimento para medir o odor. Ele é verificado cheirando-se o ar que escoa da linha em baixa vazão. Não colocar o nariz na frente do jato de ar que sai da válvula, mas, sim, cheirar o ar recolhido entre as mãos colocadas em forma de concha.

Nota: Os sistemas que utilizam compressores de ar, lubrificados ou não, devem possuir monitoramento contínuo de monóxido de carbono e alarme.