



Rede PROSAB Microbiologia para o Saneamento Básico

## MANUSEIO DE PRODUTOS QUÍMICOS

---

### Capítulo 4 Equipamentos de Proteção Individual e Sistemas de Proteção Contra a Exposição a Produtos Tóxicos

René Peter Schneider\* / Rosa de Carvalho Gamba\*, Bianca de Miranda Peres\*,  
Leny Borghesan Albertini\*\*

- \* Laboratório de Microbiologia Ambiental, Departamento de Microbiologia, Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade de São Paulo, Av. Professor Lineu Prestes, 1374, CEP 05508-900, Cidade Universitária, São Paulo, Brasil.
- \*\* Laboratório de Resíduos Químicos, Universidade de São Paulo, Av. Trabalhador Sancarlense, 400, CEP 13566-590, São Carlos SP, Brasil.

*Referência bibliográfica deste documento:*

SCHNEIDER, R.P.; GAMBA, R.C.; PERES, B.M.; ALBERTINI, L.B. **Manuseio de Produtos Químicos. Capítulo 4: Equipamentos de Proteção Individual e Sistemas de Proteção Contra a Exposição a Produtos Tóxicos.** São Paulo: ICBII USP, 2011. 38 p. Protocolo da Rede PROSAB Microbiologia. Área: Métodos Básicos. Disponível em: <<http://www.prosabmicrobiologia.org.br/rede/protocolos>>. Acesso em: xx/yy/zzzz (dia/mês/ano).

Documento original 01/08/2011

Revisão:

São Paulo  
2011



## RESUMO

SCHNEIDER, R.P.; GAMBA, R.C.; PERES, B.M.; ALBERTINI, L.B. **Manuseio de Produtos Químicos. Capítulo 4: Equipamentos de Proteção Individual e Sistemas de Proteção Contra a Exposição a Produtos Tóxicos.** São Paulo: ICBII USP, 2011. 38 p.

Neste capítulo são apresentados os diferentes tipos de equipamentos de proteção individual de relevância para laboratórios de pesquisa: máscaras para proteção das vias respiratórias, jalecos e roupas, luvas para proteção das mãos, capelas e fluxos laminares para contenção de contaminantes. No final do capítulo são discutidos procedimentos operacionais padrão e controles administrativos para garantir o uso e funcionamento correto dos equipamentos de proteção individual

**Palavras-chave:** Segurança Química, Perigo, Manipulação

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABNT/CB	Associação Brasileira de Normas Técnicas/ Comitê Brasileiro
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
CA	Certificado de Aprovação
EPI	Equipamento de Proteção Individual
EPR	Equipamento de Proteção Respiratória
FBC	Filtros químicos combinados
FISPQ	Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos
FUNDACENTRO	Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho
GHS	<i>Globally Harmonized System</i>
HEPA	High Efficiency Particulate Air filter
IEST	Institute of Environmental Sciences and Technology
LT	Limite de tolerância
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
PPF	Peças faciais filtrantes
PPR	Programa de Proteção Respiratória
PVC	Cloreto de polivinila
RDC	Resolução de Diretoria Colegiada
TLV	<i>Threshold Limit Value</i> - Concentração Limite de Exposição

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	5
2.	PROTEÇÃO DOS OLHOS.....	5
3.	PROTEÇÃO RESPIRATÓRIA.....	6
3.1	Programa de Proteção Respiratória (PPR).....	6
3.2	Classificação de Riscos Respiratórios.....	6
3.2.1	Deficiência de Oxigênio.....	7
3.2.2	Contaminação por Gases.....	7
3.2.2.1	Gases Imediatamente Perigosos à Vida.....	7
3.2.2.2	Gases não Imediatamente Perigosos à Vida.....	7
3.2.2.3	Classes de Contaminantes Gasosos.....	7
3.2.2.4	Ação sobre o Organismo.....	7
3.2.3	Aerodispersóides.....	8
3.2.3.1	Perigos das Partículas.....	8
3.3	Sistemas de Equipamentos de Proteção Respiratória (EPR).....	8
3.3.1	Adução de Ar.....	9
3.3.2	Purificadores de Ar.....	10
3.3.2.1	Purificadores de Ar com Filtros Recambiáveis.....	10
3.3.2.2	Peças Semifaciais Filtrantes sem Manutenção.....	13
3.4	Manuseio Seguro de EPR.....	15
3.5	Vida Útil.....	16
3.6	Armazenamento.....	17
3.7	Treinamento.....	17
3.8	Procedimento de Limpeza e Higienização de EPR reutilizáveis.....	18
4.	ROUPAS.....	18
5.	PROTEÇÃO DAS MÃOS.....	19
5.1	Permeabilidade de Luvas.....	19
5.2	Degradação de Luvas.....	20
5.3	Luvas descartáveis.....	20
6.	EQUIPAMENTOS PARA A REDUÇÃO DA EXPOSIÇÃO AOS PRODUTOS.....	23
	QUÍMICOS.....	23
6.1	Capelas e outros Controles.....	23
6.1.1	Tipos de Capelas.....	25
6.1.2	Alternativas para capelas.....	27
6.2	Fluxo Laminar.....	27
7	BOAS PRÁTICAS DE TRABALHO E CONTROLES ADMINISTRATIVOS.....	34
8.	REFERÊNCIAS.....	36

## 1. INTRODUÇÃO

Os efeitos de um respingo de soda cáustica no olho atingido podem variar de nenhum a um pequeno desconforto ou cegueira. O principal fator que determina as conseqüências deste pequeno incidente de laboratório é o uso de equipamento de proteção individual correto.

O objetivo das medidas de proteção individual é evitar qualquer contato entre a pele ou outras partes do corpo com produtos químicos manipulados no laboratório. As informações deste capítulo estão baseadas nas informações pertinentes das normas nacionais e do Laboratory Safety Guide da Universidade de Wisconsin-Madison (2005).

## 2. PROTEÇÃO DOS OLHOS

Ferimentos oculares são eventos terríveis com conseqüências extremamente graves para a vida de uma pessoa, e que podem ser prevenidos com medidas simples e baratas, basta usar óculos de segurança com proteção nas laterais quando manipular produtos químicos no laboratório (Figura 4.1A). Visores de rosto (Figura 4.1B) devem ser portados em situações com risco de quebra ou explosão de vidraria, associado ou não ao risco de lançamento de gotículas ou quantidades maiores de líquido em direção ao pesquisador. Se você trabalha com luz ultravioleta ou laser, use lentes especiais para proteção contra estes tipos de radiação.



**Figura 4.1** A: Óculos com proteção lateral; B: Proteção facial

Fornecedores de equipamentos de proteção individual possuem uma grande variedade de produtos para proteção ocular. Modelos modernos são confortáveis e praticamente à prova de embaçamento e estão disponíveis em uma infinidade de tamanhos e estilos e seguem a moda, portanto não há motivos para não usá-los no laboratório.

Esteja atento aos **perigos das lentes de contato**. Elas são difíceis de remover em caso de emergência e também podem reter contaminantes na superfície de seus olhos, restringindo o fluxo de fluídos naturais que removem pequenos contaminantes. É recomendável remover as lentes de contato e usar óculos de proteção de grau, enquanto estiver manipulando produtos, no interior de um laboratório.

### **3. PROTEÇÃO RESPIRATÓRIA**

No controle de doenças ocupacionais provocadas pela inalação, por exemplo, de poeiras névoas, fumos, gases e vapores, o objetivo principal é minimizar a contaminação do local de trabalho. Isto deve ser alcançado, tanto quanto possível com medidas de controle de ventilação apropriada ou substituição de substâncias por outras menos tóxicas. Quando as medidas não são viáveis ou estão em fase de adaptação e em situação de emergência os respiradores devem ser usados.

#### **3.1 Programa de Proteção Respiratória (PPR)**

Com o objetivo de proteger o trabalhador, o Ministério do Trabalho e Emprego/ Fundacentro elaborou o Programa de Proteção Respiratória (PPR) com recomendações sobre o modo apropriado de selecionar, usar e cuidar dos respiradores. Este programa tornou obrigatório após a Instrução Normativa nº 1 do Ministério do Trabalho e Secretaria de Segurança e Saúde no Trabalho, de 11 de abril de 1994 (Torloni *et al*).

O uso de respirador acrescenta uma dificuldade física ao trabalho. O programa de proteção respiratória recomenda que antes da utilização de um respirador o usuário deve passar por uma avaliação médica para certificar de que está fisicamente apto a utilizá-lo. Pessoas com problemas respiratórios, cardíacos, neurológicos ou psíquicos temporários ou permanentes não deveriam utilizar respiradores em suas atividades. O Programa de Proteção Respiratória exige que seja preenchido um questionário médico e pode ser necessário um exame físico. O médico vai fornecer um relatório escrito sobre a viabilidade de utilizar um respirador. Esse médico pode até limitar o uso deste equipamento e poderá requerer exames periódicos para avaliações. As avaliações médicas podem ser temporárias ou quando houver alterações no PPR.

Barba e bigode longos ou profundas cicatrizes no rosto podem dificultar a selagem da peça facial, portanto testes individuais com os equipamentos a serem usados, devem ser executados pelo técnico de segurança do trabalho para verificar a eficiência. Se o teste mostrou que o respirador se ajusta perfeitamente ao rosto, mas com o passar do tempo, sentir que o ajuste perde a sua eficiência, o teste deve ser repetido. O tipo do teste dependerá do tipo do respirador. Aliás, recomendável verificar a vedação de respiradores faciais toda a vez em que são colocados no rosto.

A seleção adequada do respirador é de suma importância diante da variedade de tarefas que são realizadas. Hoje existem muitos modelos diferentes de proteção respiratória no mercado.

#### **3.2 Classificação de Riscos Respiratórios**

Os riscos respiratórios classificam-se normalmente, por:

- Deficiência de oxigênio;
- Contaminação por gases, imediatamente perigosos à vida, ou não;
- Contaminação por aerodispersóides (poeiras, fumos, etc);
- Contaminação por gases e aerodispersóides, imediatamente perigosos à vida, ou não.

### 3.2.1 Deficiência de Oxigênio

O conteúdo normal de oxigênio no ar atmosférico é de aproximadamente 21% em volume. As concentrações de oxigênio abaixo de 18% são consideradas limite mínimo para a exposição humana, devido aos efeitos nocivos para as funções do organismo, como nos processos mentais e coordenação muscular.

### 3.2.2 Contaminação por Gases

#### 3.2.2.1 Gases Imediatamente Perigosos à Vida

São contaminantes que podem estar presentes em concentrações perigosas, mesmo quando a exposição for por um período curto.

#### 3.2.2.2 Gases não Imediatamente Perigosos à Vida

São contaminantes que podem ser respirados por um período curto sem que ofereçam risco de vida, porém podem causar desconforto e possivelmente danos quando respirados por um período longo ou em períodos curtos, com alta frequência de exposição.

#### 3.2.2.3 Classes de Contaminantes Gasosos

Os contaminantes gasosos são classificados nos seguintes grupos:

**Quimicamente inertes:** não são metabolizados pelo organismo Ex: nitrogênio, hélio, argônio, neônio, dióxido de carbono.

**Ácidos:** podem causar irritações no sistema respiratório e provocar o aparecimento de edemas pulmonares, exemplos: dióxido de enxofre, gás sulfídrico, ácido clorídrico.

**Alcalinos:** podem causar irritações no sistema respiratório e provocar o aparecimento de edemas pulmonares, exemplos: amônia e aminas.

**Orgânicos:** podem existir como gases ou vapores de composto líquido orgânico, exemplos: acetona, cloreto de vinila, etc.

**Organometálicos:** compostos metálicos combinados a grupos orgânicos. Ex: chumbo tetraetila e fósforo orgânico.

#### 3.2.2.4 Ação sobre o Organismo

Os gases e vapores podem ser classificados segundo a sua ação sobre o organismo:

**Irritantes:** produzem inflamação nos tecidos em contato direto com: pele, olhos, via respiratória. Ex.: ácido clorídrico, ácido sulfúrico, amônia e soda cáustica.

**Anestésicos:** a maioria dos solventes pertence a este grupo; uma propriedade comum a todos eles é o efeito anestésico, devido à ação depressiva sobre o sistema nervoso central, os quais podem provocar perda da sensibilidade, inconsciência e a morte. Ex: clorofórmio e éter.

**Asfixiantes:** nitrogênio, monóxido de carbono.

**Venenos sistêmicos:** podem causar danos aos órgãos e sistemas vitais do corpo humano.  
Ex.: vapores metálicos de mercúrio, arsênio, etc.

### 3.2.3 Aerodispersóides

Segundo suas propriedades físicas, os aerodispersóides são classificados em:

**Névoas ou neblinas:** partículas líquidas em suspensão no ar, com dimensões que variam entre 5 a 100  $\mu\text{m}$ ;

**Fumos:** partículas sólidas de origem orgânica, são encontradas em dimensões entre 0,01 a 0,3  $\mu\text{m}$ ;

**Poeiras:** partículas sólidas geradas mecanicamente por manuseio, moagem, raspagem, esmerilhamento, etc. As poeiras com partículas entre 0,5 a 10  $\mu\text{m}$  são as mais perigosas;

**Vapores metálicos:** partículas sólidas condensadas. São encontradas em dimensões de 0,1 a 1  $\mu\text{m}$ ;

**Organismos vivos:** bactérias em suspensão no ar, com dimensões de 0,001 a 15  $\mu\text{m}$ .

#### 3.2.3.1 Perigos das Partículas

A dimensão da partícula é um fator de importância fundamental para seus efeitos nocivos à saúde. As partículas menores de 10  $\mu\text{m}$  de diâmetro podem penetrar no sistema respiratório com maior facilidade, e as partículas menores de 5  $\mu\text{m}$  de diâmetro são críticas porque atingem os pulmões.

Quanto a sua toxicidade as partículas menores que 5  $\mu\text{m}$  podem ser:

##### **Partículas tóxicas:**

podem passar dos pulmões para a corrente sanguínea e ser transportadas para diferentes partes do corpo, onde vão exercer ação nociva à saúde (irritação química, envenenamento sistêmico, tumores, etc) Ex: antimônio, arsênio, cádmio, ácido fosfórico, fósforo, ácido crômico, etc.

##### **Poeiras causadoras de fibroses ou pneumoconioses**

que não são absorvidas pela corrente sanguínea, permanecem nos pulmões podendo causar lesões sérias neste órgão. Ex: asbesto, carvão, bauxita, sílica livre, etc;

##### **Partículas não tóxicas,**

chamadas também de poeiras não agressivas, não causam fibroses, podem ser dissolvidas e passar diretamente para a corrente sanguínea ou podem permanecer nos pulmões, sem causar efeitos nocivos locais ou sistêmicos. Ex: algodão, lã, farinhas, poeiras de couro, pó de madeira, etc.

**Nota: altas concentrações destes aerodispersóides devem ser considerados sempre com muita atenção.**

### 3.3 Sistemas de Equipamentos de Proteção Respiratória (EPR)

São equipamentos de proteção individual (EPI), que visa a proteção do usuário contra a inalação de agentes contaminantes nocivos do ar e contra a inalação de ar com deficiência de oxigênio na atmosfera do ambiente de trabalho.

Para ser comercializado, todo EPI deve ter Certificado de Aprovação (CA), emitido pelo Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), e registro do Ministério da Saúde/ANVISA, conforme estabelecido na Norma Regulamentadora 6 do Ministério do Trabalho -

Equipamentos de Proteção Individual – EPI (ANEXO 21), que exige certificação de que o EPI satisfaz os requisitos mínimos de qualidade estabelecidos em Norma Técnica (por exemplo: ABNT/CB 32). A certificação é feita mediante relatório de ensaios emitido por um laboratório credenciado pelo Ministério do Trabalho e Emprego, dentre os quais, a FUNDACENTRO.

O certificado de aprovação deve ser solicitado pelo estabelecimento para aquisição de todos os EPI, dentre eles os EPR.

O EPR com CA deve apresentar no próprio corpo o número referente ao lote e/ou data de fabricação, nome do fabricante ou importador e instruções para o uso.

Conforme a ABNT/NBR 12543/1999, os respiradores podem ser divididos em dois grandes grupos: **de adução de ar** e **purificadores de ar**. Os de adução de ar são independentes do ar ambiente e os purificadores são dependentes.

### 3.3.1 Adução de Ar

Esta classe de respiradores fornece ao usuário, por meio de uma mangueira, ar de qualidade respirável proveniente de uma atmosfera independente do ambiente como, por exemplo, de cilindros de ar comprimido ou de compressor. Esta mangueira conduz o ar até a peça semifacial ou facial inteira (Figura 4.2 e 4.3) de acordo com a demanda respiratória do usuário.

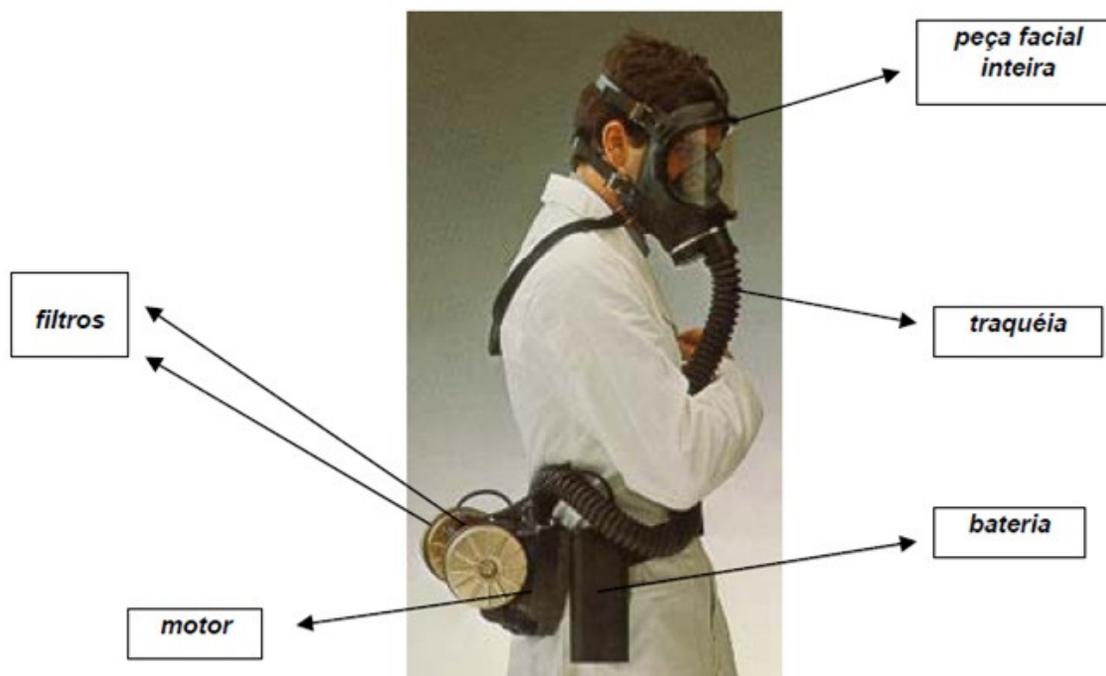
Esses equipamentos são compostos por cobertura facial, traquéia, regulador manual de vazão, mangueira e painel filtrante purificador de ar. Possuem também, uma válvula de exalação com uma mola que garante que a pressão dentro da peça facial seja sempre maior do que a pressão ambiente em qualquer fase do ciclo respiratório. Desta forma, qualquer vazamento de ar que ocorra na cobertura das vias respiratória será direcionado para fora. Estes EPR devem ser utilizados quando os demais tipos de EPR não proporcionam um grau de proteção adequada.

A segurança e o conforto do usuário dependem, entre outras variáveis, dos níveis de pressão e vazão do ar comprimido que circula, desde a fonte até o usuário

Os EPR de adução de ar e são respiradores de pressão positiva que mantêm a pressão dentro da cobertura facial maior que a ambiente, oferecendo mais proteção do que os equivalentes de pressão negativa. Com a pressão interna maior que a externa, o fluxo de ar tem o sentido de dentro para fora da cobertura facial, minimizando eventuais problemas de vedação



**Figura 4.2** Respirador de adução de ar com cilindro.



**Figura 4.3** Respirador de adução de ar tipo ar comprimido com peça facial inteira, [http://www.anvisa.gov.br/divulga/public/cartilha\\_mascara.pdf](http://www.anvisa.gov.br/divulga/public/cartilha_mascara.pdf), acessado em 26/05/2010.

### 3.3.2 Purificadores de Ar

Neste tipo de EPR, o ar contaminado do ambiente é obrigado a passar pelo filtro que retém o contaminante. É constituído por uma cobertura das vias respiratórias com um ou mais filtros para aerossóis. Alguns modelos possuem válvula de inalação e/ou exalação, que direcionam o fluxo do ar conforme a fase do ciclo respiratório. A válvula de exalação deixa sair o ar expirado pelo usuário para o meio ambiente. Durante a fase de inspiração, a válvula de exalação se fecha, obrigando o ar que está sendo inspirado a passar pelo filtro. A válvula de inalação, fechada durante a fase de expiração, impede que o ar saturado de umidade proveniente do ar expirado, atinja o material filtrante.

#### Existem dois modelos de purificadores de ar

##### ➤ Os respiradores com filtros recambiáveis:

- a) Motorizados;
- b) não motorizados.

##### ➤ Peças semifaciais com filtro (PFF).

#### 3.3.2.1 Purificadores de Ar com Filtros Recambiáveis

Esses respiradores podem ser equipados com um ou dois filtros, faciais ou semifaciais, possuem válvula de exalação que facilita a respiração, reduzindo o calor e o abafamento dentro da peças. Os filtros são inseridos em cartuchos e são acoplados ao respirador por encaixe ou rosca. A eficiência desses respiradores é de 10 vezes o limite de concentração do poluente para modelos semifaciais e 100 para os modelos faciais.

Os filtros nesses equipamentos podem ser:

**Filtros Mecânicos:** são compostos por tecido de micro fibras tratadas eletrostaticamente destinados a reter partículas em suspensão no ar (ABNT/NBR 13697/1996). Esses filtros são da classe P1, P2, ou P3 e as diferenças entre eles está no tipo de partícula retida, na capacidade de penetração dessas partículas e resistência respiratória (Tabela 4.1).

**Tabela 4.1.** Classificação dos filtros contra aerodispersóides.

<b>Classe de filtro</b>	<b>Penetração</b>	<b>Resistência respiratória</b>	<b>Indicado para</b>
P1	20%	210 Pa	<b>névoas e fumos</b>
P2	6%	240 Pa	<b>poeiras, névoas e fumos.</b> Exemplos: calcário; mármore; amianto; sílica cristalina com diâmetro aerodinâmico maior que 2 µm, alumina; antimônio; alumínio; grãos de cereais; hidróxidos de: sódio(soda cáustica), potássio (potassa cáustica), cálcio (cal hidratada), entre outros
P3	0,05%	420 Pa	<b>poeiras, névoas, fumos, radionuclídeos e particulados altamente tóxicos.</b> Exemplos: poeiras de sílica; amianto; berílio; chumbo; cádmio; prata; platina; hidreto de lítio; ródio; compostos insolúveis de urânio; entre outros

**Filtros químicos:** são destinados a conter gases e vapores presentes na atmosfera, são compostos por carvão ativado granulado envolvido por um cartucho plástico. Esses filtros são específicos para contaminantes como: **amônia, formaldeído, gases ácidos e mercúrio.**

### **Filtros combinados**

Um filtro mecânico pode também ser combinado (FBC1 e FBC2), possuindo filtro mecânico e químico (NBR 13696:1996). Quando isto ocorrer, existirá também em sua composição carvão ativado ou outro material adsorvente de gases em suspensão dependendo da aplicação a que se destina. São filtros que podem ser usados para baixa concentração de gases (metade da concentração limite de tolerância).

**Nota:** Limite de tolerância (LT, que muitas vezes aparece como TLV, do inglês: "threshold limit value"): é um conceito fundamental para a segurança do trabalho. Através de estudos exaustivos, procurou-se estabelecer o limite compatível com a salubridade do ambiente em que vive o trabalhador, nas mais diversas atividades ( Por exemplo, o limite de tolerância para o monóxido de carbono é de 39 ppm ou 43mg por m<sup>3</sup>).

### **Respiradores com filtros recambiáveis motorizados**

São EPI's de pressão positiva, do tipo purificadores de ar. O conjunto pode ser composto por um anteparo facial e touca (Figura 4.4) ou capus (Figura 4.5), uma traquéia, que leva o ar filtrado para dentro da cobertura facial, filtros e cartuchos que purificam o ar ambiente para enviá-los às vias respiratórias. O motor, acionado por bateria elétrica, movimenta uma ventoinha que obriga o ar a atravessar continuamente o filtro que retém o aerossol. É um equipamento leve, confortável e eficiente.



**Figura 4.4** Purificador de ar motorizado e anteparo tipo protetor facial, [http://www.anvisa.gov.br/divulga/public/cartilha\\_mascara.pdf](http://www.anvisa.gov.br/divulga/public/cartilha_mascara.pdf), acessado em 26/05/2010.



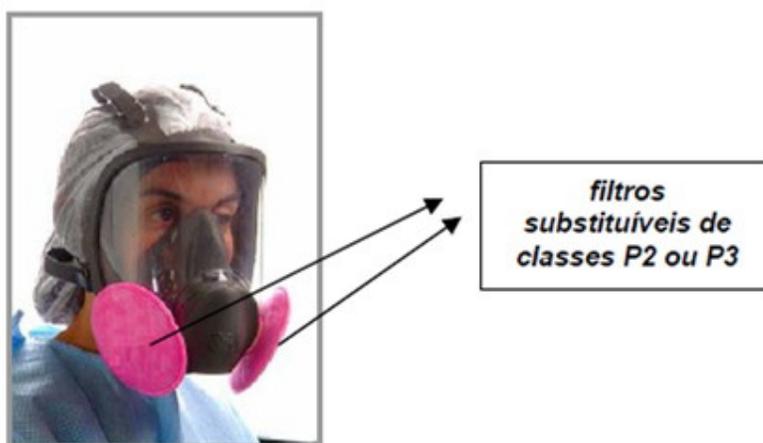
**Figura 4.5** Purificador de ar motorizado com cobertura das vias respiratórias tipo capuz, [http://www.anvisa.gov.br/divulga/public/cartilha\\_mascara.pdf](http://www.anvisa.gov.br/divulga/public/cartilha_mascara.pdf), acessado em 26/05/2010.

### **Respiradores com filtros recambiáveis não motorizados**

Os EPR com peça semifacial ou filtros substituíveis (Figura 4.6 e 4.7), seguem as mesmas características dos motorizados exceto pelo fato da vazão do ar ser apenas da respiração, sendo portanto um equipamento de pressão negativa o que o torna menos eficiente do que os filtros motorizados.



**Figura 4.6** EPR purificador de ar não motorizado com peça semifacial e filtros substituíveis de classes P2 ou P3 aos pares, [http://www.anvisa.gov.br/divulga/public/cartilha\\_mascara.pdf](http://www.anvisa.gov.br/divulga/public/cartilha_mascara.pdf), acessado em 26/05/2010.



**Figura 4.7** EPR Purificador de ar com peça -facial inteira filtros tipo P2 e P3 [http://www.anvisa.gov.br/divulga/public/cartilha\\_mascara.pdf](http://www.anvisa.gov.br/divulga/public/cartilha_mascara.pdf), acessado em 26/05/2010.

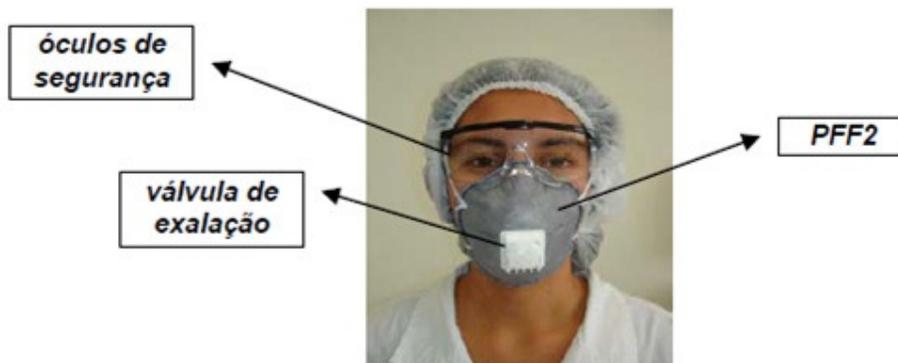
### 3.3.2.2 Peças Semifaciais Filtrantes sem Manutenção

Os respiradores sem manutenção tipo peça semifaciais filtrantes, são indicados para proteção respiratória contra particulados até 10 vezes acima do limite de tolerância destes contaminantes. Nas peças semifaciais filtrantes (PFF) o próprio filtro constitui a cobertura das vias respiratórias (Figuras 4.8 e 4.9). Podem ser das classes PFF1, PFF2 e PFF3 e podem também ser combinados (FBC1 com PFF) As letras S ou SL especificam a proteção contra partículas sólidas ou sólidas e líquidas, respectivamente.

As peças semifaciais filtrantes são projetadas para retenção de aerodispersóides e de alguns gases em baixas concentrações (metade do limite de tolerância) quando os filtros são combinados (FBC1 com PFF) (NBR 13696:1996). As máscaras faciais são constituídas, total ou parcialmente, de material filtrante e podem ou não possuir válvulas.

O material geralmente utilizado para a confecção de uma máscara descartável é uma combinação de duas ou mais camadas de manta de polipropileno, na qual, posteriormente, aplica-se uma carga eletrostática para melhorar a eficiência da filtração.

Os modelos com válvula de exalação (Figura 4.8) são mais confortáveis do que aqueles sem válvula (Figuras 4.9), pois a maior parte do ar expirado, quente e úmido, sai pela válvula, não aquecendo e umedecendo a camada filtrante. As PFF sem válvula de exalação retêm os contaminantes presentes no ar ambiente e, também, no ar exalado pelo usuário.



**Figura 4.8** EPR Purificador de ar com peça semifacial filtrante (PFF) com válvula de exalação, [http://www.anvisa.gov.br/divulga/public/cartilha\\_mascara.pdf](http://www.anvisa.gov.br/divulga/public/cartilha_mascara.pdf), acessado em 26/05/2010.

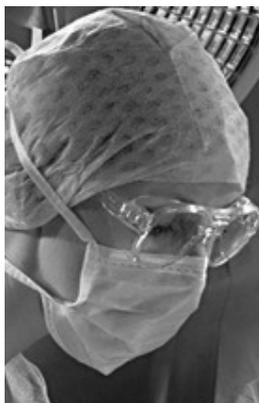


**Figura 4.9** Peça semifacial filtrante sem válvula de exalação, [http://www.anvisa.gov.br/divulga/public/cartilha\\_mascara.pdf](http://www.anvisa.gov.br/divulga/public/cartilha_mascara.pdf), acessado em 26/05/2010.

**Nota:** No Brasil, o respirador que possui eficiência de filtração equivalente à classificação americana **N95**, é o respirador aprovado como PFF2 (ou filtro P2) testado pela Fundacentro e certificado pelo Ministério do Trabalho. A própria ANVISA determina essa equivalência entre os respiradores.

## Máscara cirúrgica

A máscara cirúrgica, (Figura 4.10) mesmo com camada filtrante eficiente, não veda o suficiente para ser considerada EPI, isto é, não obedece as normas de fabricação dos EPIs.



**Figura 4.10** Máscara cirúrgica, [http://www.anvisa.gov.br/divulga/public/cartilha\\_mascara.pdf](http://www.anvisa.gov.br/divulga/public/cartilha_mascara.pdf), acessado em 26/05/2010.

## Peças faciais filtrantes - Desempenho

O desempenho dos filtros **PFF1**, **PFF2** e **PFF3** para particulados é medido em função da sua capacidade de permitir que partículas sólidas ou oleosas, de tamanho e concentração conhecidos, passem por ele ou que nele fiquem retidas. A medição da eficiência do filtro é expressa em termos percentuais e seguem as mesmas especificações descritas para os filtros P1, P2 e P3 (Tabela 4.1).

### 3.4 Manuseio Seguro de EPR

- **Somente utilize respiradores que foram selecionados para proteger contra os contaminantes potencialmente presentes no ar do ambiente de trabalho.**

Antes de utilizar um respirador verifique:

- se a selagem está perfeita;
- se ele contém sinais de danos ou deterioração;
- se está limpo e desinfetado.

Inspeccione o respirador antes de cada uso após tê-lo limpo. As máscaras autônomas de ar comprimido e os respiradores destinados ao uso em emergências devem seguir um esquema especial de inspeções em todo seu funcionamento. Consulte sempre o técnico de segurança da empresa para executar esta tarefa, ou alguém treinado para essa tarefa. Verifique o funcionamento do respirador. Observe as condições da peça facial, correias, tirantes, válvulas, traquéias e mangueiras de conexão, filtros químicos e mecânicos, etc. Verifique se as peças de borracha não apresentam fissuras ou não estão quebradiças. Mande os respiradores para manutenção por quem esteja treinado para isso e somente utilize peças de reposição originais. Um trabalho seguro requer que o profissional de segurança da empresa aplique o Programa de Proteção Respiratória toda vez que houver alteração nos equipamentos e também para treinamentos de novos profissionais. Em caso de dúvidas, consulte sempre profissional especialista em segurança do trabalho.

**Em resumo:**

- Somente utilize respiradores que tiverem sido corretamente selecionados para a finalidade a que se propõem;
- Quando colocar o respirador, verifique sua condição e selagem;
- Verifique se o seu respirador não está danificado ou deteriorado antes de utilizá-lo;
- Os respiradores devem ser limpos, desinfetados e armazenados de forma correta. Obtenha do técnico de segurança ou consulte o manual de instrução do equipamento as informações necessárias para isso.

**Verificação da pressão positiva**

Feche a válvula de exalação e expire suavemente dentro da máscara. Se a selagem for boa, você sentirá uma leve pressão positiva dentro da máscara sem vazamento de ar em todo o perímetro que está em contato com o rosto.

**Verificação de pressão negativa**

Feche a entrada de ar do filtro cobrindo-a com a palma da mão ou recolocando o lacre do filtro. Inspire suavemente de forma a que a peça facial crie dentro dela uma leve pressão negativa e segure a inspiração por uns 10 segundos. A selagem será boa se a peça facial ficar firme em seu rosto mantendo ligeiramente a pressão negativa e se não ocorrer vazamento de ar em todo o perímetro que está em contato com o rosto.

**3.5 Vida Útil**

A vida útil de EPIs de proteção respiratória é variável dependendo do tipo de contaminante, sua concentração, da frequência respiratória do usuário, da umidade relativa do ambiente e da conservação do produto pelo usuário, devendo sempre ser avaliada pelo responsável pelo uso da EPI.

Os cartuchos químicos e filtros mecânicos devem ser trocados sempre que se encontrarem saturados (entupidos), perfurados, rasgados e seus elásticos devem ser trocados sempre que estiverem soltos ou rompidos. As peças de reposição devem ser trocadas quando estiverem fisicamente danificadas, utilizando apenas peças de reposição do fabricante original do equipamento.

A vida útil de uma peça semifacial filtrante de todas as classes de eficiência de filtragem será definida pelos seguintes aspectos: higiene, dano ou resistência aumentada à respiração. Portanto, essas peças devem ser substituídas pelo usuário quando apresentarem danos, sujeiras ou causarem resistência respiratória perceptível, causando desconforto ao usuário.

As concentrações máximas para uso de peças semifaciais filtrantes contra aerodispersóides variam de acordo com o estilo da peça e o elemento filtrante que se utilize. Em geral, pode-se utilizar esses produtos em concentrações de até 10 vezes o limite de tolerância dos contaminantes. Nestes respiradores, não se executa nenhum tipo de manutenção tais como: lavagem, higienização ou troca de peças, por serem todos eles descartáveis.

Dependendo de suas dimensões e das condições de uso, os filtros de respiração são capazes de reter uma certa quantidade de contaminantes. Os filtros contra aerodispersóides em geral tendem a se fechar mais com o uso. A resistência respiratória aumenta. Quando os filtros contra gases são usados até o limite, atingindo sua saturação, o usuário sente o cheiro característico de um gás ou irritação da mucosa.

No uso de filtros combinados, dependendo da composição dos contaminantes, o filtro poderá saturar pelo entupimento pelos aerodispersóides e assim se notaria uma elevada resistência respiratória

### **3.6 Armazenamento**

Filtro contra gases ou combinados, novos podem ser armazenados na embalagem original de fabricação até 3 anos após sua fabricação. Após o vencimento desse prazo os filtros não devem ser usados.

Filtros contra aerodispersóides podem ser armazenados por tempo praticamente ilimitado.

Os filtros, uma vez abertos, mesmo que nunca usados, devem ser substituídos dentro de um prazo de 6 meses.

### **3.7 Treinamento**

Para usar com segurança qualquer equipamento de proteção respiratória, é essencial que o usuário tenha sido instruído corretamente sobre a seleção, uso e manutenção. O treinamento deverá, no mínimo, incluir o seguinte:

- Instrução sobre a natureza dos perigos, bem como, uma apreciação do que poderia suceder se não se usasse o equipamento correto;
- Comentários sobre o porquê esse é o modelo indicado para o fim específico;
- Comentários sobre a capacidade e limitação dos dispositivos ou equipamentos;
- Instrução e treinamento sobre o seu uso;
- Instrução teórica e prática para reconhecer e saber enfrentar situações de emergência.

Para uso com segurança das máscaras faciais, existe um método padronizado e seguro cujos passos estão descritos abaixo:

- Carregue-a sempre pendurada pela alça de borracha, pois estará sempre pronta para o uso;
- Segure a parte superior da máscara com as duas mãos, tendo antes o cuidado de “soltar” totalmente todos os tirantes;
- Coloque primeiramente o queixo, “vestindo” a máscara totalmente, posicionando-a no lugar certo;
- Aperte os tirantes inferiores, puxando as tiras de borracha auto travantes;
- Faça a mesma operação com os tirantes superiores;
- Da mesma forma ajuste o tirante posicionado sobre o couro cabeludo.

### **Importante**

Faça o teste de vedação tampando o bocal ou apertando a traquéia da máscara.

- Se a máscara estiver bem ajustada, o contorno do equipamento aderirá fortemente ao rosto, impedindo possíveis infiltrações de gases para dentro da máscara;
- Se isso não ocorrer aperte novamente os tirantes, fazendo novo teste;
- Nas máscaras autônomas (faciais) este teste deverá ser feito com o suprimento de ar fechado, em seguida deverá ser colocado o filtro e/ou aberto o suprimento de ar;
- Para retirar a máscara, aperte a parte interna da fivela dos tirantes de fixação de borracha, fazendo a operação ao inverso.

**Lembre-se** que pelo fato de você estar com o EPI adequado, não significa que está isento de se acidentiar, por isso, conheça a natureza do risco, estabeleça e mantenha o controle das medidas. Seja responsável pela sua segurança e a daqueles que dependem de você.

### 3.8 Procedimento de Limpeza e Higienização de EPR reutilizáveis

Após remover os filtros, desmontar a peça facial, isto é, remover o diafragma de voz, membrana das válvulas, válvulas e qualquer outro componente recomendado pelo fabricante.

- Descartar, reparar ou substituir qualquer componente com defeito;
- Lavar a cobertura das vias respiratórias com uma solução aquosa morna de detergente para limpeza normal, ou com solução recomendada pelo fabricante. Usar uma escova de cerdas não metálicas para remover a sujeira;
- Enxaguar com água morna limpa, preferivelmente água corrente.

Quando o detergente não contém agente desinfetante, os componentes do EPR devem ficar por 2 minutos numa das seguintes soluções:

- Solução de hipoclorito (50 ppm de cloro) preparada através da mistura de aproximadamente 1 mL de água sanitária em 1 L de água fria;
- Solução aquosa de iodo (50 ppm de iodo) preparada pela mistura de 0,8 mL de tintura de iodo (6 a 8 gramas de iodeto de amônia ou de iodeto de potássio em 100 mL de álcool etílico a 45%) em 1 L de água fria;
- Outra solução disponível comercialmente, recomendada pelo fabricante do respirador, como, por exemplo, os sais quaternários de amônia.

Enxaguar bem os componentes com água morna, preferivelmente em água corrente.

É importante enxaguar bem, pois se o desinfetante ou o detergente secarem na peça facial, poderão provocar dermatite, além disso, a não remoção completa destes agentes pode causar deterioração da borracha ou provocar corrosão das partes metálicas.

Os componentes devem ser secos manualmente, com auxílio de um pano de algodão seco que não solte fios.

Montar novamente a peça facial e recolocar os filtros, se necessário.

Verificar se todos os componentes do EPR estão funcionando perfeitamente. Substituí-los quando necessário.

**Nota:** Dependendo do contaminante e do tempo de exposição, os procedimentos normais de limpeza podem não ser suficientes, sendo necessária a adoção de procedimentos específicos de descontaminação antes de se efetuar a limpeza e a higienização.

## 4. ROUPAS

Use roupas que protejam a sua pele. Sapatos devem cobrir completamente seus pés; Use calças compridas e jalecos com mangas compridas para proteção complementar. A manga do avental evita o contato de respingos, aerossóis e poeira. Tenha um avental de plástico ou borracha disponível para trabalhos com compostos corrosivos ou cáusticos. Evite o uso de maquiagem, pois por conter glicerina, mica e titânio, entre outras substâncias, poderá liberar partículas que podem servir de veículo para a propagação de agentes biológicos e químicos. Os cabelos compridos devem estar presos durante os procedimentos que envolvam coleta de materiais, uso de fogo, equipamentos rotativos. Colares compridos, anéis, pulseiras e relógios devem ser removidos durante o trabalho no laboratório.

## 5. PROTEÇÃO DAS MÃOS

O mercado oferece luvas de diferentes marcas e modelos, fabricadas com uma diversidade de materiais. Selecione a luva apropriada para o seu trabalho com base nas informações sobre resistência a produtos químicos da Tabela 5.2. Note que a grande diversidade de materiais de luvas apresentados nesta Tabela não oferece proteção para todos os produtos químicos. Os principais materiais usados na fabricação de luvas e as suas propriedades são apresentados a seguir:

**Látex** é a borracha natural inerentemente elástica e resistente a ácidos, bases, sais e cetonas. A borracha natural pode ser misturada com outros polímeros naturais ou sintéticos para melhorar a sua resistência para certos materiais, como, por exemplo, quando a resistência à abrasão da nitrila é combinada com a flexibilidade do látex. Luvas de látex são baratas e representam uma barreira eficiente para perigos comuns. Este material é amplamente utilizado na confecção de luvas descartáveis em laboratórios de pesquisa. Verifique se apresentam furos e troque-as com frequência, sem reutilizá-las.

**Neoprene** é uma borracha sintética desenvolvida como uma alternativa resistente a óleos para a borracha natural. Este material resiste a ácidos, bases, alcoóis, tintas, refrigerantes, cetonas, óleos, gorduras, graxas, fertilizantes, produtos de limpeza e detergentes. Luvas de Neoprene são usadas na indústria química e petroquímica, para desengraxamento de peças em oficinas mecânicas, para manipulação de metais na indústria metal-mecânica, na indústria de tintas e em lavanderias comerciais.

**Nitrila** é uma borracha sintética à base de acrilonitrilabutadieno, também denominada de NBR. Este material possui uma resistência mecânica à abrasão e perfuração, superior à do neoprene e não enfraquece ou incha quando imerso em solventes aromáticos ou de petróleo, soluções cáusticas ou de gordura animal. É usado nas mesmas aplicações das luvas de neoprene.

**Norfoil** é um laminado leve e flexível resistente à permeação por uma gama muito extensa de solventes, ácidos e bases. Luvas SilverShield fabricadas com este material são utilizadas frequentemente por baixo de outras luvas, de material que oferece resistência mecânica superior em trabalhos de recuperação de produtos químicos derramados em acidentes.

**Vinil**, também conhecido como cloreto de polivinila ou PVC é um plástico resistente a ácidos e alcoóis, mas não hidrocarbonetos. As luvas deste material são mais baratas do que as luvas de látex e são amplamente empregadas em laboratórios de pesquisa como luvas descartáveis.

### 5.1 Permeabilidade de Luvas

Todas as luvas são permeáveis. Luvas não fornecem proteção para imersão prolongada em soluções de produtos químicos. Utilize pinças ou outras ferramentas para remover objetos de banhos de solventes de ácidos ou de bases, nunca coloque as mãos dentro deste tipo de solução mesmo que protegidas com luvas. Em alguma ocasião a sua mão poderia ir mais fundo do que a área protegida pela luva. A permeação é um processo pelo qual as moléculas do produto a ser rejeitado pela luva difundem pelo interior do material da luva, sem alterá-lo física ou quimicamente. O processo é similar ao escape do ar de um balão cheio, que murcha lentamente devido à perda de moléculas de ar por difusão através do polímero do balão. As características de permeação de luvas para materiais específicos são descritas de duas formas distintas:

**Tempo em minutos para passagem através da luva:** tempo decorrido entre o primeiro contato do produto químico com o lado externo da luva e a sua aparição no lado interno. Este

parâmetro indica o tempo de proteção da luva quando imersa na solução com este composto químico.

**Taxas de permeação:** são as taxas mais elevadas de passagem dos produtos químicos analisados através da amostra de luva durante um período de seis horas. Este parâmetro qualitativo permite a comparação da resistência à passagem de diferentes produtos químicos em um mesmo material ou de um mesmo produto através de diferentes materiais.

## **5.2 Degradação de Luvas**

O termo degradação se refere à alteração destrutiva de propriedades do material das luvas e não somente à quebra dos polímeros das luvas. Processos de degradação de polímeros de luvas incluem o endurecimento, o enrijecimento, a fragilização, o amolecimento, o enfraquecimento ou o inchamento do material. Se o impacto do produto químico sobre as propriedades físico-químicas do material da luva for importante a resistência de permeação da luva a este produto poderá ficar comprometida.

A luva com resistência química ideal não existe. Luvas de materiais laminados oferecem resistência a muitos solventes agressivos, mas não oferecem o mesmo conforto e funcionalidade de luvas menos resistentes e mais maleáveis, que se adaptam melhor aos contornos das mãos, como as luvas de látex. Uma solução seria a combinação de luvas de materiais diferentes com o objetivo de otimizar propriedades como maleabilidade e resistência química ou mecânica para aplicações específicas.

## **5.3 Luvas descartáveis**

Luvas descartáveis nunca devem ser reutilizadas. Se precisar manipular um objeto como o teclado de um computador, uma maçaneta de porta ou um telefone sem remover as luvas, lave-as como se estivesse lavando suas mãos antes de tocar estes objetos.

**Tabela 4.3** Resistência a produtos químicos de diferentes materiais utilizados na confecção de luvas plásticas.

<b>Produto Químico</b>	<b>Nitrila</b>	<b>Borracha Natural</b>	<b>LATEX</b>	<b>Produto Químico</b>	<b>Nitrila</b>	<b>Borracha Natural</b>	<b>LATEX</b>
Acetaldeído	P	NT	P	Metileno clorídrico	NR	NR	NR
Acetona	NR	P	E	Metilamina	E	NT	P
Acetonitrila	R	P	P	Metiletil cetona	NR	P	R
Amil acetato	E	P	NT	Metil metacrilato	P	P	NT
Amil álcool	E	R	B	Aguarrás	E	NT	R
Anilina	NR	R	NR	Morfolina	NR	NR	NT
Água Régia	R	B	NT	Naftas, VM e P	E	NR	NT
Benzaldeído	NR	NT	P	Nitrobenzeno	NR	R	P
Benzeno	P	NR	NR	Octil álcool	E	NT	NT
Butil acetato	R	P	P	Ácido oxálico	E	B	B
Butil álcool	E	R	NT	Percloroetileno	B	NR	NR
Cálcio hipoclorito	NT	NT	B	Álcool propil	E	P	B
Dissulfeto de carbono	B	NR	NT	Hipoclorito de sódio	NT	E	NT
Carb. tetraclorídrico	B	NR	NR	Solvente Stoddart	E	NT	NT
Solvente	B	P	NT	tetrahidrofurano	NR	NR	NT
Cellosolve acetato	R	P	P	Tolueno (toluol)	R	NR	NR
Clorobenzeno	NR	NT	NR	1,1,1-tricloroetano	R	NR	NR
Clorofórmio	NR	NR	NR	tricloroetileno	NR	NR	NR
Ácido Cítrico	E	E	B	Tricresil fosfato	E	NT	NT
Ciclohexanol	E	B	NT	trietanolamina	E	NT	NT
Dibutil Plastificante	B	B	R	Turpentina	E	NT	NT
Dietilamina	R	NT	P	Xileno (xilol)	B	NR	NR
Diesel	NT	NT	P				
Dietil éter	E	P	P	Ácidos Comuns			

Tabela 4.3, continuação.

Produto Químico	Nitrila	Borracha Natural	LATEX	Produto Químico	Nitrila	Borracha Natural	LATEX
Dimetil formamida	NR	R	P	Ácido acético glacial	B	R	E
Dimetil Sulfóxido	E	P	P	Ácido Crômico 50%	R	R	NT
Diocetil fitalato	B	R	R	Ácido Fórmico 90%	R	R	B
Dioxano	NR	P	P	Ácido clorídrico	E	B	P
Etanol	E	B	E	Ácido clorídrico 10%	E	NT	E
Etil acetato	NT	P	R	Ácido fluorídrico 48%	E	B	NT
Etileno Glicol	E	E	R	Ácido Nítrico 10%	E	E	NR
Formalina	E	R	E	Ácido Nítrico 70%	NR	NT	NR
Furfural	NR	R	NT	Ácido Fosfórico			
Gasolina	E	NT	P	Ácido Perclórico	E	NT	NT
Glicerina	NT	E	B	Ácido Sulfúrico 10%	E	E	B
Hexano	E	NR	P	Ácido Sulfúrico 95%	NR	NT	NR
Hidrazina	E	NT	NT				
Peróxido de hidrogênio	E	E	NT	Bases Comuns			
Álcool Isobutil	E	R	NT	Hidróxido de amônio	E	P	E
Iso octano	E	NT	P	Hidróxido de Cálcio	NT	E	E
Isopropanol	E	R	B	Hidróxido Potássio 50%	E	B	E
Querosene	E	R	P	Hidróxido Sódio 50%	E	E	E
Ácido Láctico	E	NT	B				
Metanol	E	P	B				

E=excelente; B=Bom; R=Razoável; P= Pobre; NR= Não recomendado; NT= não testado.

## 6. EQUIPAMENTOS PARA A REDUÇÃO DA EXPOSIÇÃO AOS PRODUTOS QUÍMICOS

A mais importante ferramenta para reduzir a exposição aos produtos químicos tóxicos é o conhecimento completo das propriedades dos produtos. Primeiro. Antes de trabalhar com qualquer produto não familiar, consulte fontes diversas de informação sobre seu manuseio com segurança, com destaque especial para a FISPQ e, na medida do possível, contate pessoas que já trabalham com o produto para se informar sobre os seus perigos e formas de evitá-los. Uma vez conhecendo o produto, use controles apropriados para assegurar seu uso seguro.

### 6.1 Capelas e outros Controles

A melhor maneira de reduzir ou eliminar a exposição a substâncias transportadas pelo ar é o manuseio destas substâncias em equipamentos projetados para proteger o usuário de emissões de gases destas substâncias. Estes equipamentos incorporam em seu projeto sistemas de proteção que independem da qualificação ou do nível de atenção do usuário do produto. Exemplos de sistemas de proteção incluem capelas (Figura 4.11A), ou câmaras com paredes rígidas, isoladas hermeticamente da sala, equipadas com luvas para manipulação de produtos químicos no seu interior (glove Box, Figura 4.11B). Para laboratórios nas universidades, capelas e os sistemas *glove box* são os tipos mais importantes e comuns de controle de contaminantes gasosos.



A



B

**Figura 4.11** A: Capela de exaustão, <http://www.arsinco.com.br/exaustao>, acessado em 20/08/2010. B: câmara tipo “glove Box”, <http://www.alemmer.com.br>, acessado em 25/05/2010.

Capelas são equipamentos para confinamento primário de produtos químicos em um laboratório. Estes equipamentos removem vapores e gases tóxicos, inflamáveis, nocivos ou perigosos através da captura, diluição e eliminação pelo transporte impulsionado pelo exaustor para o ambiente externo. As capelas também oferecem proteção física contra incêndios, vazamentos e explosões. A melhor proteção é obtida com a janela da capela na sua posição mais fechada possível.

O esquema de funcionamento de uma capela é constituído de exaustor potente instalado no duto de escape montado no topo da capela criando uma corrente de ar no sentido do duto de exaustão. A geometria interior da capela é projetada de forma a direcionar o fluxo de ar para o fundo da capela, onde é desviado para cima por defletores, na direção do duto de saída. A janela da capela permite o acesso à bancada no seu interior, mas deve ser operada com

fechamento parcial para obtenção de condições de fluxo de ar ideais para a contenção de emissões do interior da capela. Esta janela resistente também serve de proteção contra incêndio e explosão e a bancada, com borda elevada, garante a contenção de líquidos derramados no seu interior.

Uma capela é normalmente um equipamento fixo do laboratório e deve ser submetida a uma avaliação periódica de sua função, com o resultado e a data do teste registrados em uma etiqueta afixada no equipamento.

**A capela deve ter uma velocidade de face adequada** para garantir a retenção eficiente da atmosfera contaminada do seu interior. O padrão atual estipula uma velocidade de face de, no mínimo, 30,5 metros por minuto com uma abertura vertical de 45 cm. O funcionamento correto das capelas deve ser verificado em inspeções anuais. Estas inspeções devem assinalar a altura da janela da capela que garante a velocidade de face mínima recomendada. Os inspetores devem também afixar na capela os resultados das medições das taxas de fluxo de ar e a data na qual foram medidas. Trabalhos com agentes carcinogênicos, de alta toxicidade, ou materiais radioativos demandam velocidades de face maiores. Capelas que não alcançam os 30,5 m/min. na abertura de 46 cm, mas alcançam esta velocidade com aberturas entre 30,5 a 45 cm podem ser aprovadas para uso restrito e temporário. Capelas que não forem aprovadas nestes testes não são seguras e não devem ser usadas.

Uma maneira simples de averiguar a operação da capela é verificar se uma tira de papel afixada na entrada da capela se move para o interior do equipamento. Segure uma tira de lenço de papel na abertura da capela. O movimento do papel para o interior do equipamento indica que há fluxo de ar. Isto é apenas um teste qualitativo para função do aparelho (movimento ou não movimento). Uma avaliação apropriada é possível apenas com um aparelho calibrado para medir a velocidade frontal do ar na abertura da capela com precisão.

Lembre-se que o fluxo de ar e a velocidade frontal diminuem quando você aumenta a abertura da capela. Algumas medidas básicas para otimizar o fluxo de ar no interior da capela incluem:

- Mantenha a abertura da janela da capela a menor possível;
- Mantenha o fluxo de ar no interior da capela de frente para trás;
- Mantenha uma distância mínima de 15cm entre produtos manipulados e o limite frontal da capela;
- Mantenha sistemas de aquecimento a uma distância mínima de 30 cm atrás do limite frontal da capela.

### **Como Maximizar a Eficiência da Capela**

Muitos fatores podem comprometer a eficiência de uma capela. A maioria desses problemas pode ser evitada; então, é importante estar atento a todo comportamento que pode, de alguma forma, comprometer a operacionalidade da capela. Os aspectos enumerados a seguir devem sempre ser considerados quando for usar uma capela:

- Mantenha a ventilação de exaustão da capela ligada o tempo todo;
- Se possível posicione a janela da capela de tal forma que o técnico possa manipular os materiais no interior da capela mantendo a cabeça protegida pela janela;
- O pesquisador acompanha a manipulação através da janela, que agirá como uma barreira primária na ocorrência de um derramamento, respingo ou explosão;
- Evite abrir e fechar a capela rapidamente. Evite movimentos bruscos de braço e corpo em frente ou dentro da capela. Estas ações podem aumentar a turbulência e reduzir a eficácia da capela;

- Manuseie produtos químicos e aparelhos a uma distância de pelo menos 15 cm da entrada da capela. Em alguns laboratórios, uma fita colorida é colocada ou pintada nessa distância para servir de orientação. Testes quantitativos para contaminantes da capela revelam que a concentração de contaminantes na zona de respiração pode ser 300 vezes maior se a fonte estiver localizada antes da faixa de 15 cm do que atrás desta faixa. A concentração de contaminantes no ar na parte da frente da capela se reduz progressivamente conforme a fonte é movida para trás da capela;
- Posicione equipamentos na maior distância possível da entrada da capela sem bloquear o defletor do fundo;
- Separe e eleve cada instrumento sobre blocos ou outros tipos de suportes para garantir que o ar possa fluir livremente ao redor do equipamento;
- Não insira grandes equipamentos na capela, porque eles tendem a interferir com o fluxo de ar e reduzir a eficiência da capela;
- Se uma peça grande emite fumaça ou aquece fora de uma capela, tenha um exaustor ou um sistema de ventilação especialmente projetado para este equipamento. Este método de ventilação é muito mais eficiente que colocar o equipamento dentro da capela e consumirá muito menos ar;
- Não modifique a capela em nenhuma circunstância que influencie adversamente o seu desempenho. Isto inclui adicionar, remover ou modificar qualquer dos componentes da capela, tais como defletores, superfícies de sustentação, e conexões de exaustão.

**A operação segura da capela depende das seguintes operações e cuidados:**

- Se certifique de que o ar está se movimentando para o interior da capela;
- Mantenha as vias de fluxo de ar desobstruídas;
- Manuseie produtos químicos a uma distância acima de 15 cm medidos a partir da entrada da capela;
- Mantenha aquecedores a uma distância superior a 30 cm da entrada;
- Feche a janela quando não estiver usando a capela;
- Use equipamentos de proteção quando necessário;
- Mantenha material para contenção e controle de vazamentos disponível;
- Obedeça a etiquetas de segurança e placas de aviso;
- Se você tem dúvidas sobre a eficiência de operação de sua capela, consulte um especialista no assunto.

### **6.1.1 Tipos de Capelas**

Capelas de “bypass”, também denominadas capelas com fluxo balanceado de ar ou com volume constante de exaustão operam com uma vazão de ar constante e permitem equilibrar melhor a ventilação do laboratório. Um problema sério de capelas convencionais é o grande volume de ar sugado, que deve ser repostado de outras fontes e pode resultar no carreamento de ar contaminado com poeira para o interior do laboratório. Uma taxa de renovação elevada de ar também pode sobrecarregar o sistema de ar condicionado do laboratório. Capelas deveriam ser instaladas em salas separadas, sem sistema de ar condicionado. Nas capelas de bypass a quantidade de ar que entra no equipamento permanece constante quando a janela é fechada. Esta técnica elimina o problema de elevadas velocidades de face do ar sugado para dentro da capela com aberturas menores da janela.

**Capelas com ar auxiliar** foram desenvolvidas para operação em países com clima frio, mas podem também ser utilizadas em países de clima quente para reduzir os custos de condicionamento do ar interno do laboratório. Nestas capelas, entre 50% a 75% do ar transportado é captado do ambiente externo. A velocidade de face destas capelas, porém, pode variar com a abertura da janela.

**Capelas especiais para ácido perclórico** tem as características gerais de uma capela de bancada, entretanto, o revestimento interior deve ser de aço inox ou de um material não reativo tal como o PVC e o polipropileno. Materiais não corrosivos e não reativos devem ser usados no sistema de exaustão. A capela, os dutos e o exaustor devem possuir um sistema de lavagem para remover os percloratos e prevenir o acúmulo desses sais explosivos. Os sistemas de lavagem devem ser projetados para ser no mínimo de 56,8 litros/m (15 galões) de vazão. A superfície de trabalho das capelas de ácido perclórico devem possuir um bojo de descarte no canto da capela abaixo do defletor. As capelas de ácido perclórico não devem possuir furos para passagem de cabos de energia ou acessórios.

**As capelas de destilação** são construídas para serem usadas com grandes equipamentos, e os procedimentos envolvem pequenos ou grandes volumes de materiais tóxicos. Uma capela de destilação possui os mesmos componentes de uma capela de bancada com exceção de que o projeto prevê que a capela deve comportar em seu interior grandes equipamentos, são montadas em um pedestal elevado e a superfície de trabalho fica entre 300 e 450 mm do piso. Capelas de destilação podem ter janelas verticais ou horizontais, geralmente, mais do que um painel de vidro é usado em uma janela vertical, este conjunto determina também a altura disponível para a área de trabalho.

**Capelas “walk-in”** (Figura 4.12) possuem aberturas frontais grandes e segmentadas para permitir a acomodação de equipamentos grandes como reatores de tratamento de resíduos perigosos.



**Figura 4.12.** Capela “walk-in” do Laboratório de Resíduos Químicos da Universidade de São Paulo, Câmpus São Carlos.

Capelas de teto são na verdade coifas equipadas com potentes exaustores. Estes equipamentos são montados no topo de instrumentos que emitem gases potencialmente tóxicos em pequena quantidade, pois não protegem o operador quando este se coloca entre a coifa de exaustão e a fonte dos contaminantes.

As capelas de exaustão de retenção de partículas são projetadas para instalação sobre bancadas de laboratório, confeccionadas em polipropileno de alto impacto e acrílico cristal, de fácil limpeza e manuseio. O filtro de retenção de partículas é de fácil substituição, evitando a inalação do produto pelo operador.

### 6.1.2 Alternativas para capelas

Capelas são caras na instalação e operação. A operação de uma capela é justificada quando o equipamento é utilizado para reduzir a exposição de pesquisadores a gases nocivos durante o manuseio de produtos químicos, mas não quando a única função do equipamento é o armazenamento de produtos tóxicos ou a ventilação de equipamentos. Nestes casos existem alternativas mais baratas:

- O armazenamento de produtos químicos tóxicos e/ou odoríferos em gabinetes ventilados controla a emissão de odores e/ou vapores tóxicos de maneira eficiente, e reduz muito o volume de ar de exaustão resultando em um custo de energia mais baixo;
- Conecte seu instrumento ou aparelho diretamente a um duto de exaustão específico com diâmetro suficiente para absorver o volume de gases expelidos;
- Exaustores de bancada flexíveis podem ser posicionados muito próximos da fonte de contaminação e permitem a captura e exaustão de gases emitidos com deslocamento de volumes menores de ar comparados a capelas.

Capelas sem dutos não devem ser instaladas em laboratórios de pesquisa. Estas capelas são equipadas com filtros que deveriam capturar as substâncias tóxicas antes da recirculação do ar para o interior do laboratório. Os filtros apenas trabalham para substâncias específicas e nunca são 100% eficientes. Sem monitoramento contínuo e testes do ar para contaminação, é quase impossível detectar quando um filtro falha ou necessita substituição.

### 6.2 Fluxo Laminar

Atenção: Um equipamento de fluxo laminar não é uma capela! Seus motores não são à prova de explosão, portanto nunca deve ser usado para trabalhar com produtos inflamáveis.

Se você estiver trabalhando com produtos tóxicos voláteis, cuidados especiais são necessários porque a maioria dos equipamentos de fluxo laminar não possuem sistema de exaustão de ar para fora da sala. Estes equipamentos somente filtram o ar removendo microorganismos transportados pelo ar. Vapores químicos e gases não são retidos pelos filtros e são dispersos no laboratório. Dependendo do modelo, o ar é lançado em direção do operador. O fluxo laminar é um equipamento móvel, raras vezes conectado a um sistema de exaustão do prédio. É recomendado que a conformidade de operação do fluxo laminar com os parâmetros operacionais estipulados seja verificada com periodicidade anual. Produtos químicos nunca devem ser armazenados na capela e muito menos no interior de uma câmara de fluxo laminar.

As cabines de fluxo laminar são unidades projetadas para criar áreas de trabalho estéreis para a manipulação de materiais biológicos, de forma que estes não sejam contaminados com ar do meio-ambiente e que os produtos manipulados não contaminem o meio ambiente ou o operador. Os filtros das câmaras de fluxo laminar são projetados para reter material particulado e não gases ou outras moléculas de produtos tóxicos.

A história das cabines de segurança biológicas teve início em 1909 quando a “W.K. Munford Pharmaceutical Co.” na Pensilvânia desenvolveu uma capela ventilada para prevenir a infecção com *Mycobacterium tuberculosis* durante a preparação da tuberculina. Nestas cabines, uma bomba de vácuo aspirava o ar através de um filtro localizado dentro da câmara, mantendo a pressão interior negativa, expulsando o ar para dentro de um frasco com desinfetante. As manipulações eram feitas através de luvas.

No decorrer dos anos vários modelos de cabines foram elaborados, porém o tipo e a finalidade das mesmas eram determinadas pelo próprio manipulador. Shepard junto a outros pesquisadores construíram, em 1945, uma cabine de madeira que utilizava um incinerador

para esterilizar o ar removido e produzir um fluxo de ar interno. Keeney desenvolveu uma cabine de aço inoxidável com um vidro na frente e no topo mas não havia ventilação (KRUSE *et al*, 1991). Já a primeira cabine feita de aço inoxidável, painéis de vidro, ventoinhas e exaustor foi construída em 1948 e descrita na literatura em 1953. As cabines mais sofisticadas semelhantes aos modelos que podem ser encontrados nos dias de hoje foram desenvolvidas nos laboratórios do exército americano, que trabalhavam com agentes altamente infecciosos.

O componente mais importante de cabines de segurança biológica é o filtro de esterilização do ar, o filtro HEPA (do inglês, High Efficiency Particulate Air Filter, que significa filtro de partícula de ar de alta eficiência). Estes filtros foram desenvolvidos durante a segunda guerra mundial no projeto Manhattan, de produção de armas nucleares, para retenção de aerossóis contaminados com radionuclídeos. Estes filtros começaram a ser comercializados nos anos 50 do século passado. Os filtros HEPA são compostos de acetato de celulose aderido a uma folha de alumínio que retém 99,97 % das partículas com diâmetro maior do que  $0,03\mu\text{m}$  presentes no ar. O princípio do funcionamento do filtro HEPA não se baseia na retenção de partículas nos poros do filtro. As partículas ficam presas nas fibras através de uma combinação de fatores como:

- **Interceptação.** As partículas no fluxo de ar aproximam-se das fibras e aderem às mesmas (Figura 4.13a).
- **Impactação.** As partículas maiores se chocam com as fibras e acabam retidas nelas por forças intermoleculares. Este efeito aumenta com a diminuição da separação entre as fibras e com o aumento da velocidade do fluxo (Figura 4.13b).
- **Difusão.** Pequenas partículas, especialmente aquelas menores que  $0,1\mu\text{m}$  de diâmetro, ao colidirem com moléculas de gás, têm sua velocidade reduzida e sua trajetória alterada aumentando a probabilidade de choque com a superfície do filtro. Este comportamento é similar ao movimento browniano e aumenta a probabilidade de uma partícula ser retida por um dos dois mecanismos citados acima e torna-se dominante quando o fluxo de ar possui uma baixa velocidade (Figura 4.13c).

A impactação e a interceptação são os principais mecanismos de captura de partículas com diâmetro maior que  $0,4\mu\text{m}$ , enquanto que as partículas entre  $0,1$  e  $0,4\mu\text{m}$  são retidas por difusão e interceptação.

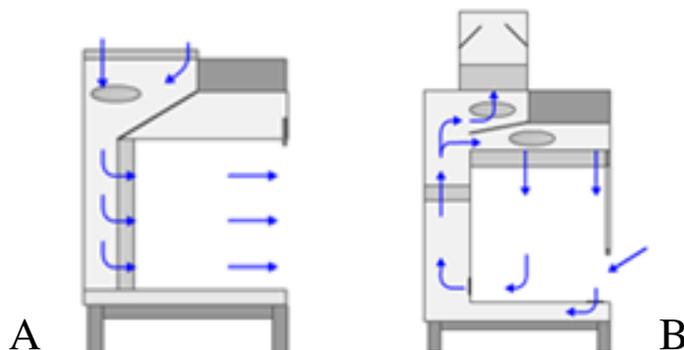


**Figura 4.13** Mecanismos de captura de partículas em filtros HEPA. (A) Interceptação (B) Impactação e (C) Difusão (en.wikipedia.org).

Existem dois tipos de câmaras para a manipulação segura dos materiais infectantes.

As **câmaras de fluxo unidirecional laminar** (Figura 4.14) são projetadas para proteger o produto e não há recirculação do ar. Ou seja, todo o ar que entra, passa pelos filtros e sai do equipamento. O fluxo pode ser horizontal ou vertical. **Estas câmaras não protegem o operador ou o meio-ambiente dos contaminantes volatilizados ou aerossóis suspensos no ar durante a manipulação da amostra no interior da câmara.** As **câmaras de fluxo horizontal** são as mais simples. O ar é puxado do ambiente do laboratório e passa através de um pré-filtro e é então introduzido na zona de trabalho pelo filtro HEPA localizado na parte de trás da área de trabalho. O ar então sai e volta ao laboratório. Nas **câmaras de fluxo**

**vertical**, o ar segue o mesmo caminho que nas de fluxo horizontal porém, a direção do fluxo é em posição vertical relativamente à área de trabalho. Uma pequena quantidade do ar retorna ao topo da cabine.



**Figura 4.14** Fluxo laminar horizontal (A) e vertical (B) (www.bme.gatech.edu).

Já as **câmaras de segurança biológica** possuem fluxo de ar somente vertical e proporcionam proteção contra aerossóis contaminantes ao produto manipulado, ao operador e ao ambiente onde estão instaladas. Os aerossóis podem ser formados por qualquer atividade que transmita energia a um material líquido ou semi-líquido como agitação, o ato de verter, ou de pingar. Manipulações que podem gerar aerossóis incluem o estriamento de placas, a inoculação com a pipeta, a homogeneização de materiais infecciosos com agitadores magnéticos, manual ou com vortex e a centrifugação de amostras.

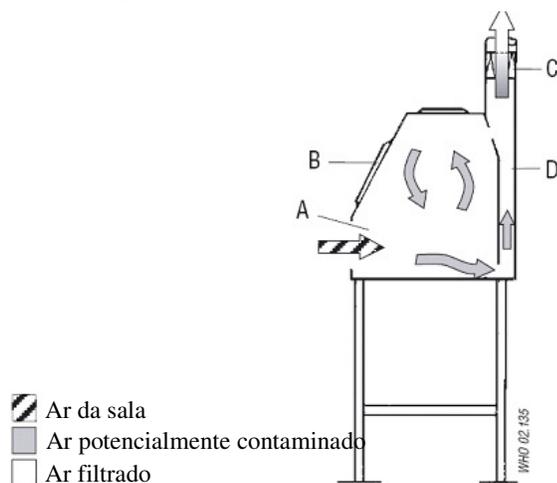
Os microrganismos são classificados de acordo com suas características perigosas que incluem sua capacidade de infectar e causar doença em hospedeiro humano ou animal suscetível, sua virulência (intensidade dos sinais e sintomas da doença), disponibilidade de medidas de prevenção e tratamento. Com base nessas características, e ainda nas vias naturais de transmissão os agentes são classificados pela Organização Mundial da Saúde em quatro grupos (Tabela 4.4).

**Tabela 4.4** Classificação de microrganismos infecciosos por grupo de risco (WHO, 2004).

Grupo de risco	Características
1	(Nenhum ou baixo risco individual e para a comunidade). Microrganismos que provavelmente não podem causar doença no homem ou em animais
2	(Risco individual moderado, baixo risco para a comunidade). Um agente patogênico que pode causar uma doença no homem ou em animais, mas é improvável que constitua um perigo grave para o pessoal do laboratório, a comunidade ou o ambiente. A exposição ao agente infeccioso no laboratório pode causar uma infecção grave, mas existe um tratamento eficaz e medidas de prevenção e o risco de infecção é limitado.
3	(Alto risco individual, baixo risco para a comunidade). Um agente patogênico que causa geralmente uma doença grave no homem ou em animais, mas que não se propaga habitualmente de uma pessoa a outra. Existe um tratamento eficaz, bem como medidas de prevenção.
4	(Alto risco individual e para a comunidade). Um agente patogênico que causa geralmente uma doença grave no homem ou em animais e que pode transmitir-se facilmente de uma pessoa a outra, direta ou indiretamente. Nem sempre está disponível um tratamento eficaz ou medidas de prevenção.

As câmaras de segurança biológica são divididas em três classes de acordo com o tipo de proteção oferecida:

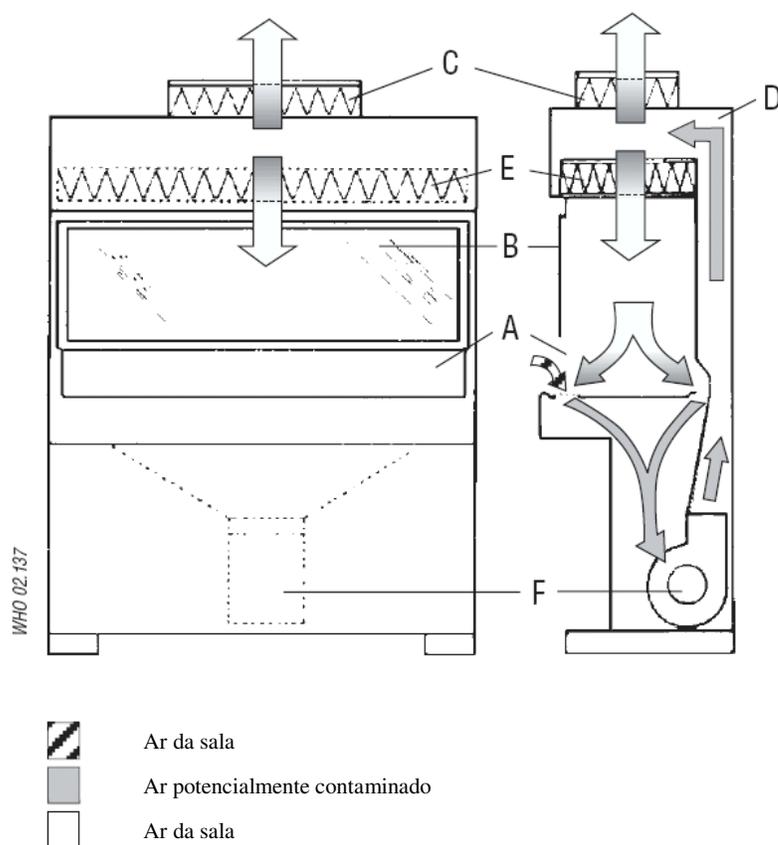
**Classe I.** Apresenta um filtro HEPA na exaustão. Proporciona proteção ao operador e ao ambiente e o produto fica exposto à contaminação (Figura 4.15). O ar é aspirado pela frente, passa pela área de trabalho e é liberado através do duto de exaustão. Porque o ar dragado não é estéril, não é considerada como protetora adequada para o produto. Os microorganismos manipulados neste tipo de câmara podem ser de risco 1



**Figura 4.15** Esquema da câmara de segurança classe I. Sendo A, abertura frontal, B, vidro, C, filtro exaustor HEPA, D, conduto do exaustor (WHO, 2004).

**Classe II.** Utilizada em 99 % das aplicações com risco biológico. Protege o produto, o operador e o ambiente. Subdividida em tipos A1 (trabalhos com risco moderado), A2 (risco biológico moderado ou onde emanam quantidades pequenas de materiais voláteis e vapores), B1 (adequada para trabalhos que utilizam compostos químicos voláteis tóxicos e quantidades pequenas de radionuclídeos) e B2 (para trabalhos com agentes biológicos de risco moderado e manipulações que produzam gases e vapores tóxicos e radionuclídeos). Os microrganismos manipulados neste tipo de câmara podem ser de risco 2 a 4.

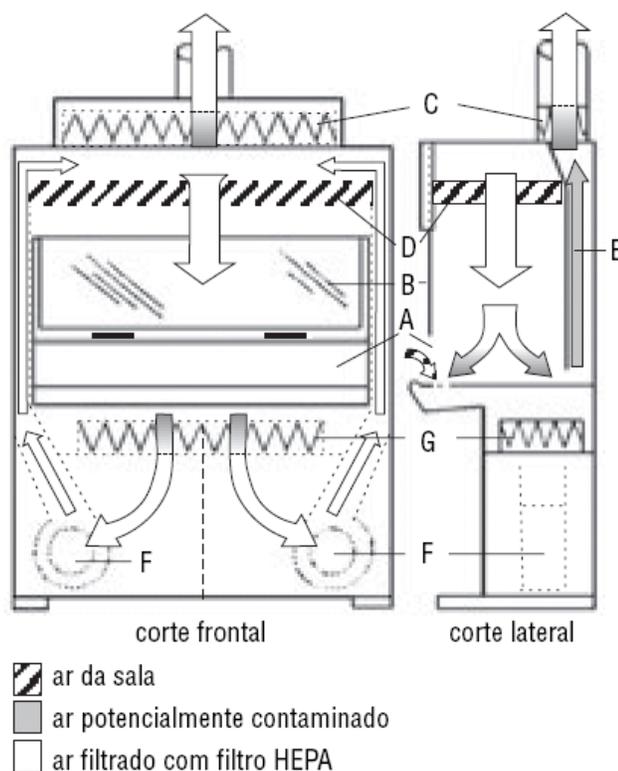
**\*A1.** O ar entra pela frente e passa por um filtro HEPA antes de passar pela área de trabalho onde metade do fluxo de ar é direcionada para a parte frontal e a outra metade para a parte traseira do compartimento de trabalho. Parte do ar atravessa a plataforma de trabalho, pois esta é perfurada. Estas correntes de ar se encontram de novo abaixo da plataforma de trabalho, desta vez acrescidas de uma pequena quantidade de ar não filtrado aspirado pela abertura do compartimento de trabalho. O fluxo de ar é direcionado para a base da câmara, onde um exaustor recircula o ar através de um duto para o topo da câmara. Cerca de 70 % deste ar é reenviado ao filtro HEPA e os 30 % restantes passam pelo filtro HEPA do exaustor e são descartados para a sala ou para o ambiente externo (Figura 4.16).



**Figura 4.16** Esquema de câmara de segurança classe II A1. Sendo: A: abertura frontal; B: vidro, C: filtro HEPA de descarte; D: conduta traseira; E: filtro HEPA de abastecimento; F: ventoinha (WHO, 2004).

\***A2.** Cerca de 70 % do ar recircula enquanto 30 % é exaurido para o ambiente externo através de um duto.

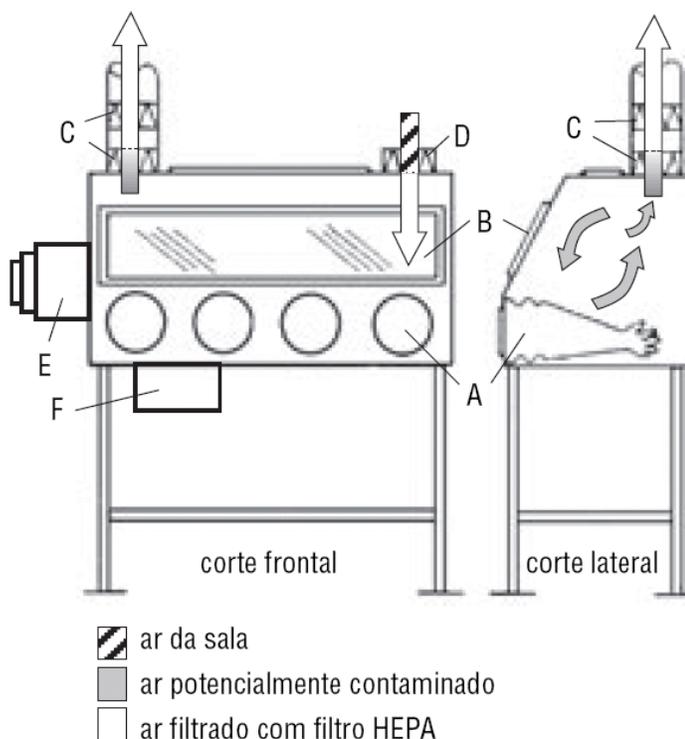
\***B1.** O ar é dirigido para o filtro HEPA de admissão passando pela área de trabalho onde divide-se e volta ao topo da cabine através das ventoinhas. Cerca de 30 % do ar recircula e 70 % é descartado através do exaustor (Figura 4.17).



**Figura 4.17** Esquema de câmara classe II B1. Sendo: A, abertura frontal, B, vidro, C, filtro exaustor HEPA, D, filtro de admissão HEPA, E, conduto do exaustor de pressão negativa, F, ventoinha, G, filtro HEPA de admissão de ar (WHO, 2004).

**\*B2.** É um equipamento com 100 % de exaustão externa portanto sem recirculação de ar sendo que 100 % do ar insuflado mais o ar admitido pela abertura frontal, é exaurido para o ambiente externo passando pelo filtro HEPA.

**Classe III.** Trata-se de câmara hermeticamente fechada e o operador não tem contato direto com o produto. Fornece o nível mais elevado de proteção individual. O ar admitido passa por um filtro HEPA e o ar expelido por dois filtros HEPA. O fluxo de ar é mantido por um sistema de ventilação próprio que mantém o interior da câmara sob pressão negativa. O operador deve inserir as mãos em luvas de borracha de grande resistência (Figura 4.18). Estas câmaras são equipadas com um compartimento de acesso onde é possível a troca de atmosferas para introdução ou remoção de componentes. As câmaras podem ser ligadas a autoclaves de duas portas apropriadas para descontaminar os materiais usados na câmara. Os microrganismos manipulados neste tipo de câmara podem ser de risco 4.



**Figura 4.18** Esquema de câmara de segurança classe III. Sendo: A, porta-luvas, B, vidro, C, filtros exaustores HEPA duplos, D, filtros de admissão HEPA, E, autoclave de duas portas ou caixa de passagem, F, reservatório de desinfecção química (WHO, 2004).

#### Padrão de Qualidade Operacional para as Câmaras de Segurança (EPA, 2005)

Os trabalhadores devem primeiramente ter conhecimento das regras de segurança laboratorial antes de trabalhar com microrganismos nas cabines de segurança.

A falha na limpeza da lâmpada UV reduzirá a efetividade da mesma e, portanto a lâmpada deve ser limpa periodicamente com um pano com álcool.

Para reduzir as interferências o pessoal do laboratório deve vestir roupas de manga comprida com punho e luvas de borracha. Isto reduzirá o contato da flora normal da pele com a área de trabalho e ao mesmo tempo protege as mãos e os braços de contaminação. Antes e depois de trabalhar na cabine as mãos e os braços devem ser lavados com sabão germicida.

A velocidade do fluxo de ar dentro da cabine deve ser mantida por volta de 0,3 m/s. As cabines devem ser certificadas anualmente por um técnico qualificado. Sob uso normal e quando não houve nenhum acidente como perfuração, o filtro HEPA não deve ser trocado até que o volume exaurido ou a velocidade do fluxo não possam ser mantidos. Esta determinação e a troca do filtro são de responsabilidade do fabricante. Uma vez que o filtro é trocado, as cabines deverão ser certificadas novamente. Tanto as câmaras de fluxo laminar como as capelas de segurança biológica devem ser verificadas periodicamente para avaliação de seu desempenho, através dos seguintes testes:

**Ensaio de integridade:** verifica a integridade do equipamento e do filtro HEPA. É fundamental, pois é o único teste que realmente desafia o equipamento.

**Ensaio do Nível de Ruído:** verifica o nível de ruído do equipamento, este deve ser igual ou inferior a 67 DBa, desde que o nível de ruído do ambiente seja menor que 55 Db.

**Ensaio de Luminosidade:** verifica a intensidade de luz da área de trabalho, que deverá ser de no mínimo 800 lux/m<sup>2</sup>.

**Ensaio da contagem de Partículas:** verifica o número de partículas em suspensão e classifica a área de trabalho, que deve ser inferior a 3.520 partículas de 0,5 µm por m<sup>3</sup> de ar.

**Ensaio da Velocidade do Fluxo de Ar:** verifica a velocidade e uniformidade do fluxo de ar pela área de trabalho. A velocidade média deve ser de 0,45 m/s com tolerância de +/- 10%.

**Ensaio do Índice de Saturação do(s) Filtro(s) Absoluto(s):** verifica a perda de pressão dos filtros HEPA instalados. É um dos critérios para determinar a necessidade de troca do filtro HEPA.

As cabines proporcionam ambientes pequenos, que por sua vez em alguns casos não é suficiente, para isso existem as unidades modulares, que são Módulos de fluxo laminar que oferecem a mesma proteção ao produto manipulado, porém para ambientes maiores

## 7 BOAS PRÁTICAS DE TRABALHO E CONTROLES ADMINISTRATIVOS

Somando as engenharias de controle e sistemas de proteção individual, o terceiro conjunto de medidas para minimizar a exposição a substâncias tóxicas no laboratório é a adoção de boas práticas de laboratório e controles administrativos.

**A boa prática de laboratório estipula** a maneira correta de manuseio de substâncias perigosas para reduzir a exposição dos pesquisadores.

- Certifique-se de que recipientes de produtos químicos possuem tampas seguras e estejam bem fechados quando não estão sendo manipulados.
- Minimize o consumo de produtos químicos perigosos diminuindo a escala dos experimentos.
- Avalie todas as possibilidades para minimizar a geração de poluentes veiculados pela atmosfera.
- Em essência, seja esperto, se informe sobre os perigos da exposição química e procure constantemente por medidas de redução desta exposição.

**Controles administrativos** envolvem padrões operacionais e regras de trabalho designadas a minimizar a exposição a substâncias tóxicas.

Exemplos de controles administrativos incluem:

- Limitar o tempo individual de manipulação de substâncias tóxicas;
- Um requerimento de que qualquer novo uso de uma substância, particularmente perigosa, seja avaliado pelo supervisor ou pesquisador principal;
- Formule e siga um plano de segurança química. Um plano de segurança química contém procedimentos operacionais de laboratório padronizados que são desenvolvidos para limitar a exposição a produtos químicos;
- Para serem efetivos, controles administrativos requerem uma supervisão contínua pelo orientador ou pesquisador principal;
- Mantenha seus recipientes bem fechados quando eles não estão sendo usados. A selagem correta do recipiente se dá pelo contato da borda superior do frasco com a superfície de contato da tampa. Estas duas superfícies devem ser cuidadosamente limpas antes de fechar os frascos.

## 8. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Norma Brasileira 12543 **Equipamento de proteção respiratória -- Terminologia**. Rio de Janeiro:ABNT,1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Norma Brasileira 13695 **Equipamento de proteção respiratória – Peça facial inteira**. Rio de Janeiro:ABNT,1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Norma Brasileira 13696 **Equipamento de Proteção Respiratória -- Filtros químicos e combinados**. Rio de Janeiro:ABNT,1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Norma Brasileira 13698 **Equipamento de Proteção Respiratória -- Peça semifacial filtrante para partículas**. Rio de Janeiro:ABNT,1996.

BARATELLA, J.C.A.P. **Recomendações de segurança para trabalhos em capelas químicas**. [http://www.designslaboratorio.com.br/imagens/capelas/Palestra\\_Capela.PDF](http://www.designslaboratorio.com.br/imagens/capelas/Palestra_Capela.PDF) acessado em 03/09/2010.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária RDC n.º 185 de 22 de outubro de 2001. **Cartilha de Proteção Respiratória contra Agentes Biológicos para Trabalhadores de Saúde**. ANVISA 2001.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. FUNDACENTRO. **Programa de Proteção Respiratória. Recomendações, Seleção e Uso de Respiradores**. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2002.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR-6 Equipamentos de Proteção Individual EPI**. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 1978 (ANEXO 21).

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora no 6 –**Equipamento de Proteção Individual**. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2002.

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ. **Biossegurança no uso de Cabine de Segurança Biológica no manuseio de substâncias químicas, drogas e radioisótopos**. [http://www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/lab\\_virtual/csb.html](http://www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/lab_virtual/csb.html) (acessado em 03/09/2010).

TORLONI, M, et al **Programa de Proteção Respiratória: recomendações, seleção e uso de respiradores/coordenação**. São Paulo: FUNDACENTRO, 1994.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Cartilha de Proteção Respiratória contra Agentes Biológicos para Trabalhadores de Saúde**. Disponível em [http://www.anvisa.gov.br/divulga/public/cartilha\\_mascara.pdf](http://www.anvisa.gov.br/divulga/public/cartilha_mascara.pdf).

VERGA FILHO. A.F. **Segurança em laboratório químico**. Minicurso. **Campinas 2008** [http://www.crq4.org.br/sms/files/file/mini\\_seg\\_lab\\_2008.pdf](http://www.crq4.org.br/sms/files/file/mini_seg_lab_2008.pdf) ( acessado em 03/09/2010).

KRUSE, R. H.; PUCKETT, W. H.; RICHARDSON, J. H. Biological Safety Cabinets. **Clin. Microbiol. Rev.** v. 4:2, p. 207-241, 1991.

Universidade de Wisconsin-Madison. Laboratory Safety Guide, [http://www2.fpm.wisc.edu/chemsafety/table\\_of\\_contents2005.htm](http://www2.fpm.wisc.edu/chemsafety/table_of_contents2005.htm)

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Manual de segurança biológica em laboratório. 3 ed. Genebra, 2004.