

Controle e medida da poluição do ar

IFUSP - 2016 - física da poluição do ar

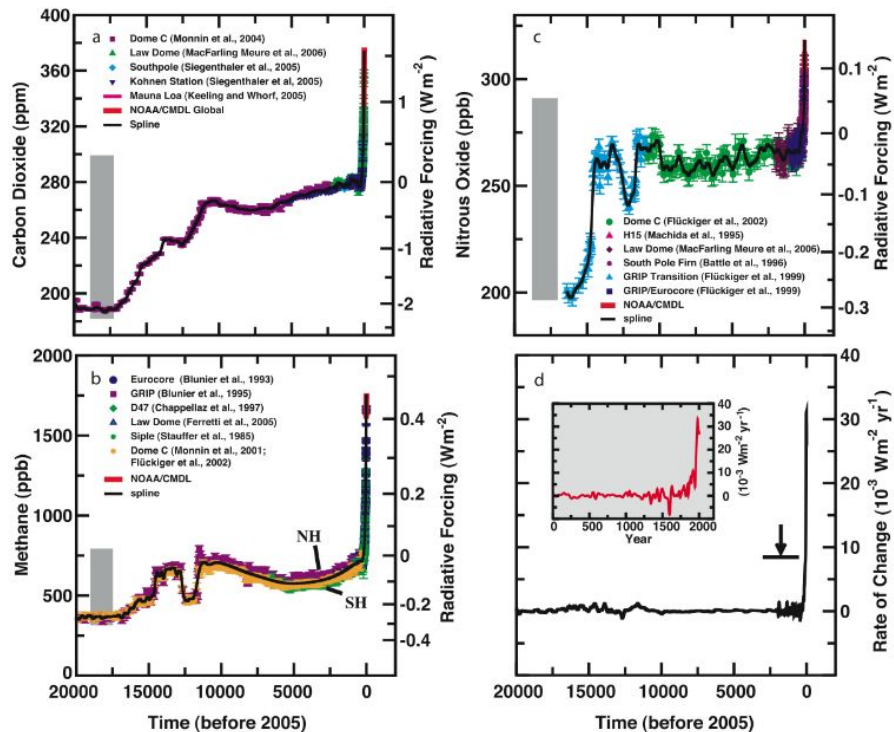
João

Lars

Tiago

Vanessa

Motivação para o controle e medição da Poluição



PLANETA
sustentável

Iniciativa

Infográficos

Especiais

Artigos

Entrevistas

Simuladores

Ambiente Energia Casa Cidade Lixo Desenvolvimento Saúde

DESENVOLVIMENTO



MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Brasil é sexto maior emissor de gases poluentes do mundo

Relatório divulgado na COP17, em Durban, apontou que o Brasil liberou mais de 1.100 megatoneladas de CO₂e na atmosfera, nos dois últimos anos, para a produção de energia, sendo o sexto maior emissor de gases poluentes do planeta. O primeiro lugar é da China

Débora Spitzcovsky - Planeta Sustentável - 02/11/2011

- A A +

IPCC, 2007

Motivação para o controle e medição da Poluição

[Artigo 38 do Decreto Lei nº 3.688 de 03 de Outubro de 1941](#)

Art. 38. Provocar, abusivamente, emissão de fumaça, vapor ou gás, que possa ofender ou molestar alguém:

Pena - multa, de duzentos mil réis a dois contos de réis.

Índice

| Métodos de Controle

| | Medidas Indiretas

| | Medidas Diretas

| | | Para material particulado

| | | | Coletores secos

| | | | Coletores úmidos

| | | Para materiais gasos

| Métodos de medição

| Conclusão

Medidas indiretas

Impedir à geração do poluente:

- Substituição de matérias primas e reagentes: .
- Mudanças de processos ou operação: .

Diminuir a quantidade de poluentes geradas:

Diluição através de chaminés elevadas:

Mascaramento do poluente:

Localização seletiva:

Adequada construção (lay-out) e manutenção dos edifícios industriais:

Medidas diretas

As medidas ou métodos diretos de controle incluem técnicas destrutivas como incineração e biofiltração, e técnicas recuperativas, como absorção, adsorção e condensação. Estas técnicas passam por duas etapas: Concentração dos poluentes na fonte para tratamento efetivo antes do lançamento na atmosfera: Sistemas de ventilação local exaustora Retenção do poluente após geração através de equipamentos de controle de poluição do ar



Equipamentos de controle de material particulado

- Coletores secos:

- coletores mecânicos inerciais e gravitacionais
- coletores mecânicos centrífugos (ex.: ciclones)
- precipitadores dinâmicos secos
- filtro de tecido (ex.: o filtro-manga)
- precipitador eletrostático seco

- Coletores úmidos:

- torre de “spray” (pulverizadores)
- lavadores com enchimento
- lavador ciclônico
- lavador venturi
- lavadores de leito móvel

Equipamentos de controle para gases e vapores

- Absorvedores
- Adsorvedores
- Incineração de gás com chama direta
- Incineradores de gás catalíticos

Eficiência dos equipamentos de material particulado

$$\eta_{(\%) } = \frac{100(A - B)}{A}$$

onde,

A = carga de entrada (concentração)

B = carga de saída

- Eficiência global de coleta

Na prática existem muitos casos de utilização de equipamentos de controle em série, como por exemplo, um ciclone seguido de um lavador. Nesse caso define-se a Eficiência Global de Coleta

$$\eta_g = \left(1 - \left[(1 - \eta_1)(1 - \eta_2) \dots (1 - \eta_i) \right] \right) \times 100$$

Tabela 7. 1 – Eficiência fracionada de coletores de material particulado em função da distribuição de tamanho das partículas (em porcentagens). Fonte: CETESB, 1987.

Tipo de equipamento ¹	Diâmetro (µm)				
	0 → 5	5 → 10	10 → 20	20 → 44	> 44
Câmara de sedimentação (com chicanas)	7,5	22,0	43,0	80,0	90,0
Ciclone de baixa pressão	12,0	33,0	57,0	82,0	91,0
Ciclone de alta pressão	40,0	79,0	92,0	95,0	97,0
Multiciclone	25,0	54,0	74,0	95,0	98,0
Filtro de tecido	99,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Lavadores de média energia	80,0	90,0	98,0	100,0	100,0
Lavador Venturi (lavador de alta energia)	95,0	99,5	100,0	100,0	100,0
Precipitador eletroestático	97,0	99,0	99,5	100,0	100,0
Torre de spray	90,0	96,0	98,0	100,0	100,0

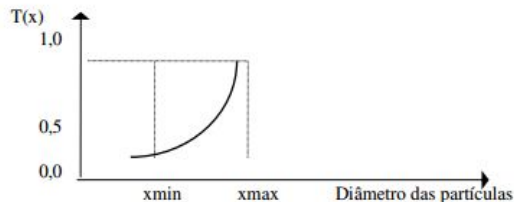


Figura 7. 5 – Aumento da eficiência fracionada com o diâmetro das partículas.

Equipamentos de controle de material particulado

Câmara de sedimentação gravitacional

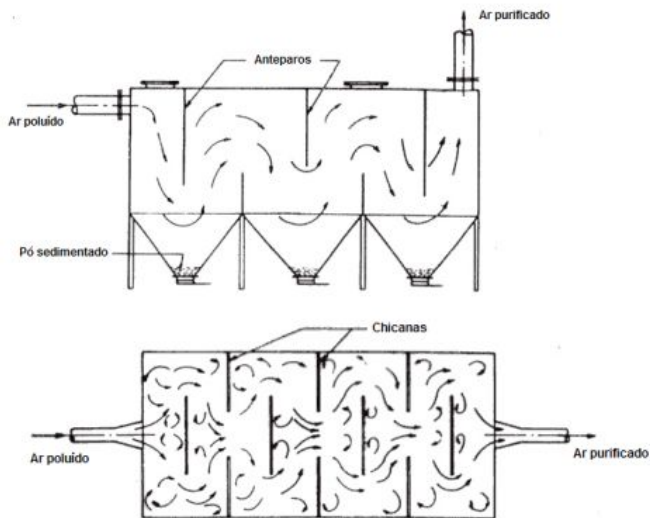


Figura 7.11 – Câmara de sedimentação gravitacional com chicanas.

$$\eta = k \frac{g(\rho_p - \rho_g)L_c \cdot B}{18\mu_g \cdot Q} \phi_p^2$$

Sendo:

- | | | | |
|----------|---|----------|---|
| ϕ_p | = diâmetro da partícula (μm) | Q | = vazão de gás (m^3/s) |
| g | = constante gravitacional (m/s^2) | ρ_p | = densidade da partícula (kg/m^3) |
| ρ_g | = densidade do gás (kg/m^3) | μ_g | = viscosidade do gás ($\text{Pa}\cdot\text{s}$) |
| L_c | = comprimento da câmara (m) | B | = largura da câmara (m) |
| K | = constante empírica (em geral 0,5) | | |

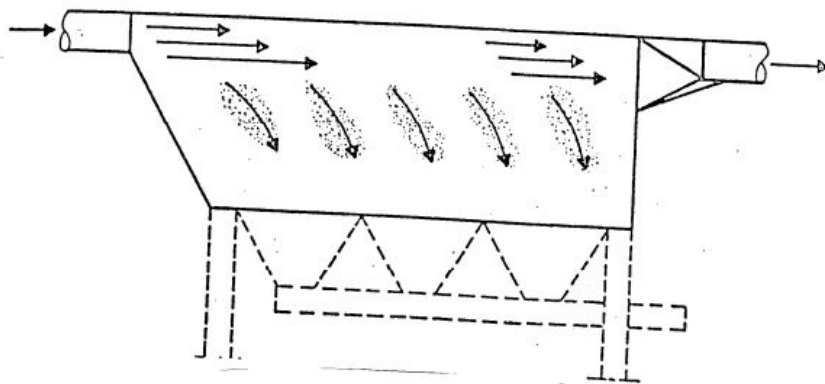
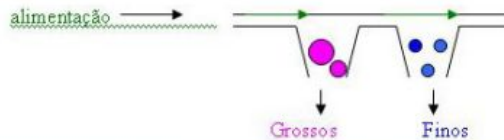
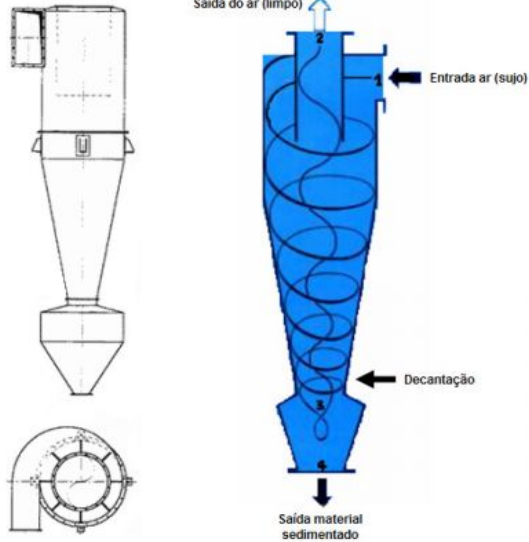


Figura 7.9 - Câmara de sedimentação gravitacional do tipo simples.

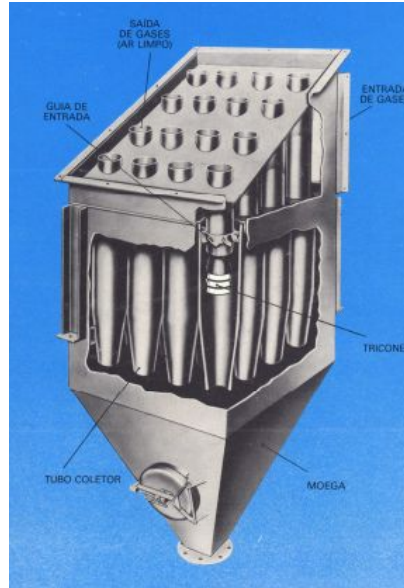


Equipamentos de controle de material particulado

Ciclones



Multiciclone



Ciclones são coletores que utilizam primariamente a força centrífuga para a coleta de partículas. Os ciclones podem ter entrada tangencial ou radial. São compostos por um corpo cônicocilíndrico, ao qual entram tangencialmente os gases a depurar, por uma abertura na parte superior do equipamento. As partículas, submetidas à força centrífuga no final de certo número de voltas chocam-se com a parede e terminam depositando-se na parte inferior do cone.

Equipamentos de controle de material particulado

Filtros de tecido

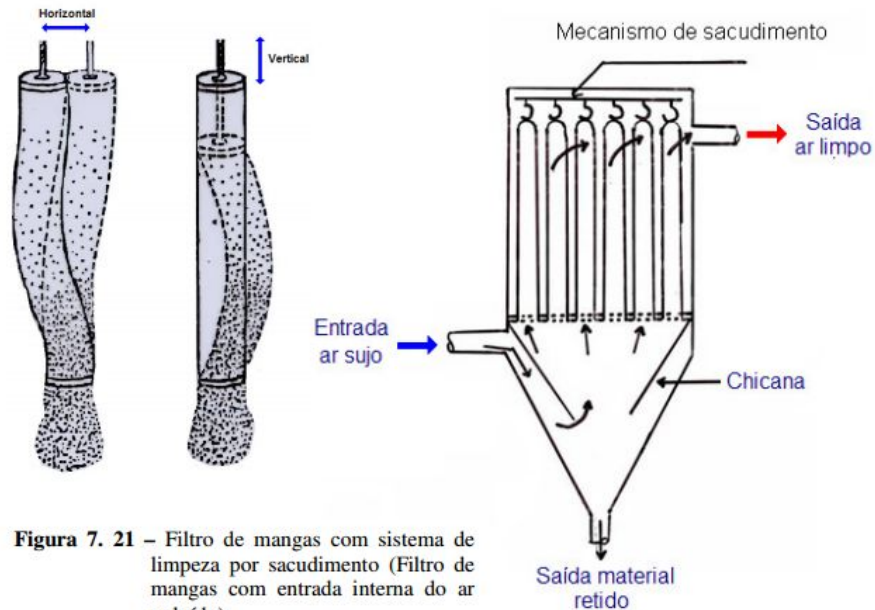


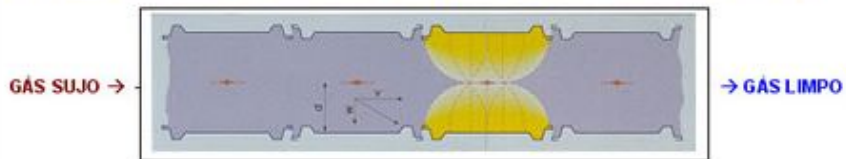
Figura 7. 21 – Filtro de mangas com sistema de limpeza por sacudimento (Filtro de mangas com entrada interna do ar poluído).

Equipamentos de controle de material particulado

Precipitadores eletrostáticos



Elétrons são emitidos de eletrodos de descarga (-) carregados com alta voltagem negativa retificada. Esses elétrons migram para os eletrodos de coleta (+). À medida que se acumulam nas partículas de pó presentes no gás carreador, tais partículas ficam carregadas negativamente e o campo elétrico as transporta para os eletrodos de coleta (+) (aterrados) onde são depositados em suas superfícies. No precipitador Eletrostático de fluxo horizontal ELEX, os eletrodos de coleta são placas perfiladas que formam um sistema de passagens através do qual fluem os gases de exaustão. Os eletrodos robustos de descarga ELEX, conhecidos como tipo "RS" são dispostos ao longo do eixo central das passagens com 400mm de largura.



Um sistema de batimento mecânico limpa os eletrodos de coleta (placas) para retirada da camada excessiva de pó coletada, por um sistema eletro-mecânico sincronizado/programado, comandado via CLP, bem como, os eletrodos de descarga também são limpos de mesma maneira análoga, mas, em intervalos de tempo diferentes, em relação ao sistema de batimento das placas.

Coletores úmidos

Lavadores: Os lavadores são equipamentos de controle de poluição de ar que podem ser utilizados tanto para o controle de material particulado como para o controle de gases e vapores.

Existe um número grande de tipos de lavadores disponíveis no mercado. Abaixo são citados os mais usuais:

- câmara de spray (borrifo) gravitacional
- coletores dinâmicos úmidos
- lavadores ciclones de spray
- torres de enchimento (não se aplicam a MParticulado)
- lavadores de impactação
- lavadores auto-induzidos (de orifício)
- lavador venturi

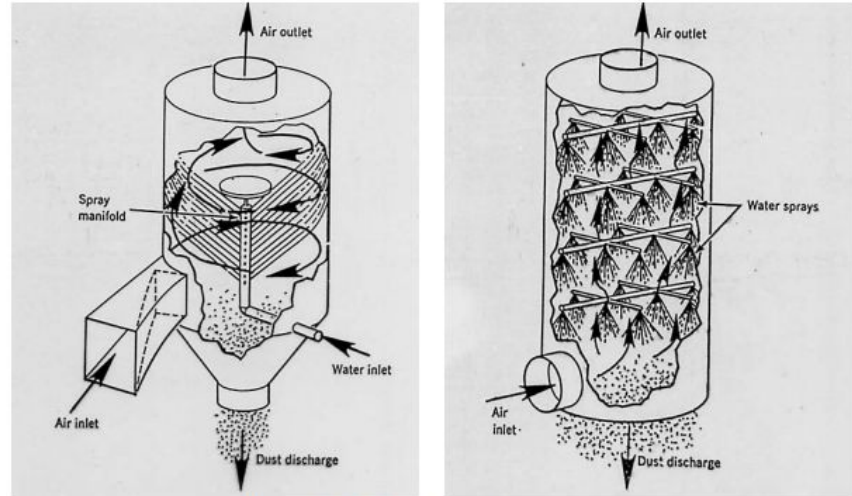
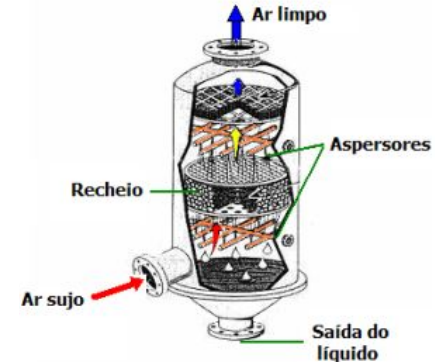


Figura 7.33 - Lavadores ciclônicos de spray.

Equipamentos para remoção de gases e vapores - Absorvedores

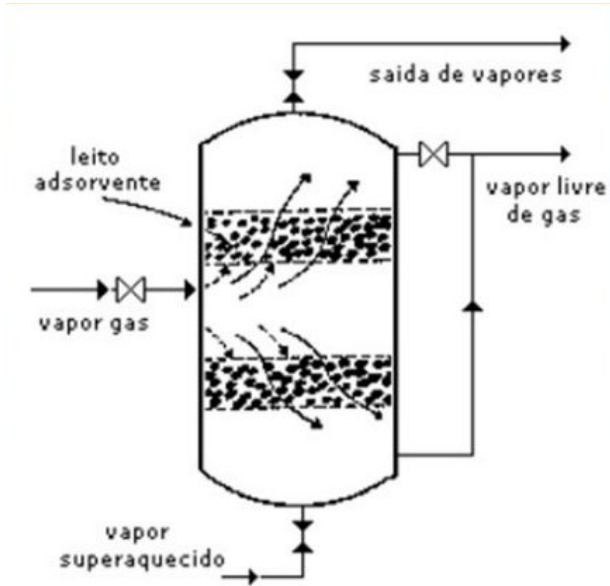
Os absorvedores são equipamentos utilizados para a absorção de gases ou vapores. A absorção é uma transferência de massa de fase uma fase gasosa para uma fase líquida. Ela consiste na transferência de um componente (absorbato) presente em fase gasosa (gás de arraste) para um líquido (absorvente). Mais especificamente, no controle de poluição do ar, a absorção envolve a remoção de um contaminante gasoso de uma corrente gasosa por sua dissolução em um líquido.

- **Usos típicos:** absorção de enxofre (SO_2), sulfeto de hidrogênio (H_2S), gás clorídrico (HCl), amônia (NH_3), gás fluorídrico (HF) e hidrocarbonetos leves.
- **O projeto de absorvedores envolve os seguintes passos:**
 - ❖ Seleção do Solvente
 - ❖ Obtenção de dados de equilíbrio e de reação
 - ❖ Seleção do tipo de absorvedor
 - ❖ Determinação da vazão de líquido
 - ❖ Dimensionamento do absorvedor
 - ❖ Escolha de materiais de construção

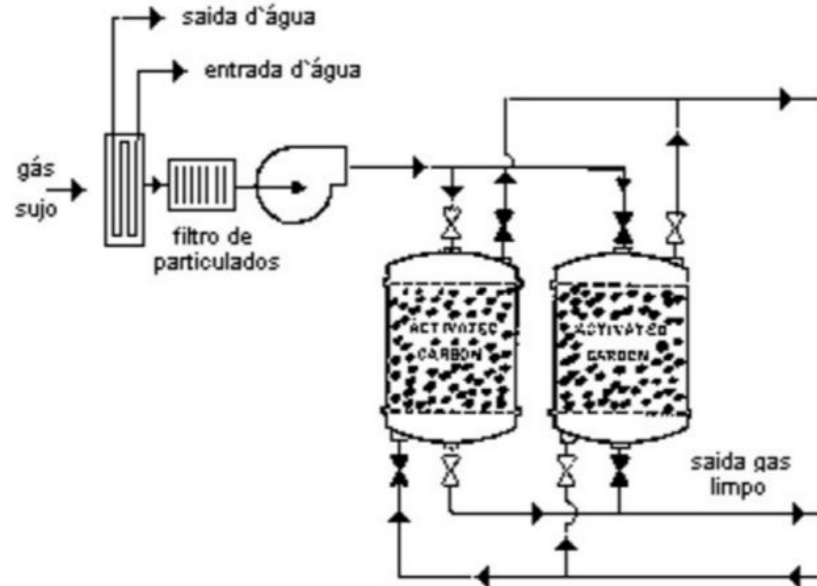


Equipamentos para remoção de gases e vapores - Adsorvedores

- substâncias de alta porosidade retêm poluentes gasosos/fumaças pela ação de forças de atração moleculares (Van der Waals) e afinidade química (CARVÃO ATIVADO, ALUMINA ATIVADA, SÍLICA-GEL) (colunas ou caixas c/ leitos ou camadas de adsorvedor c/ (15-90cm) de espessura. O gás atravessa os leitos de adsorção c/ $v=10\text{m/min}$ (odores) e $v=20\text{m/min}$ (solventes))



Adsorvedor de leito múltiplos



Adsorvedor de leito fixo com carvão ativado

Equipamentos para remoção de gases e vapores - Incineradores

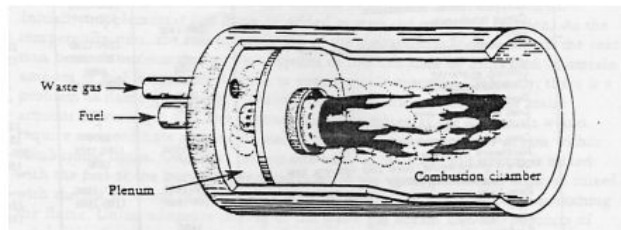
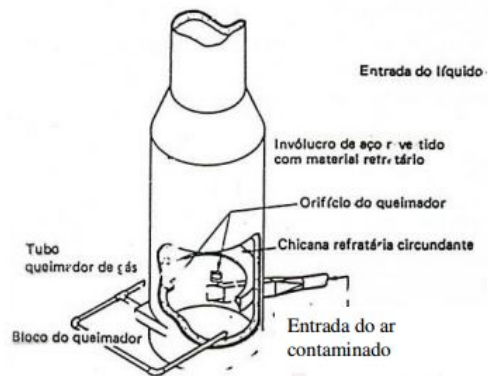


Figura 7.54 – Incineradores de chama direta

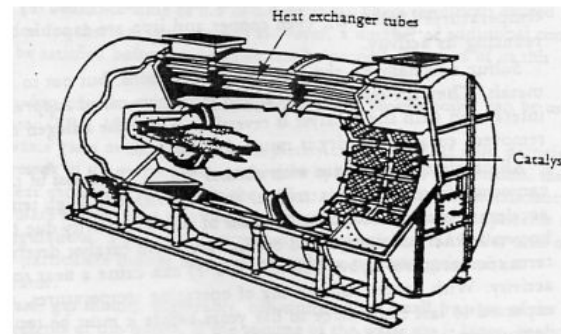


Figura 7.56 - Incinerador catalítico de uso industrial.

Equipamentos para remoção de gases e vapores - Processos biológicos

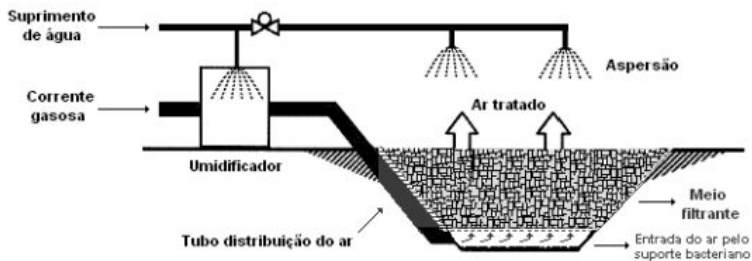
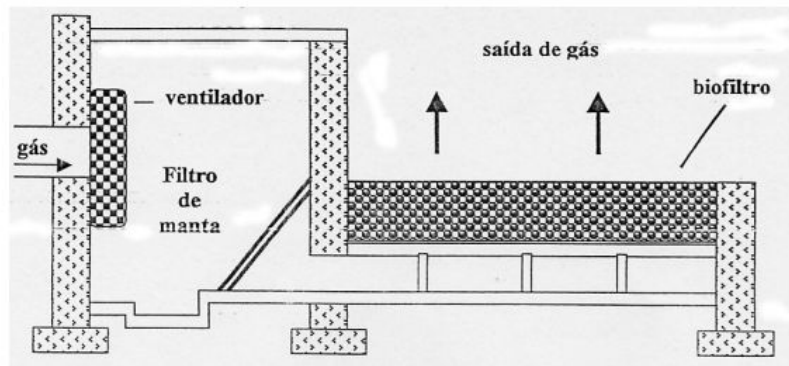


Figura 7. 59 – Esquema simplificado do processo de biofiltração.
Fonte: COX e DEHUSSES (2002)



- Condensação

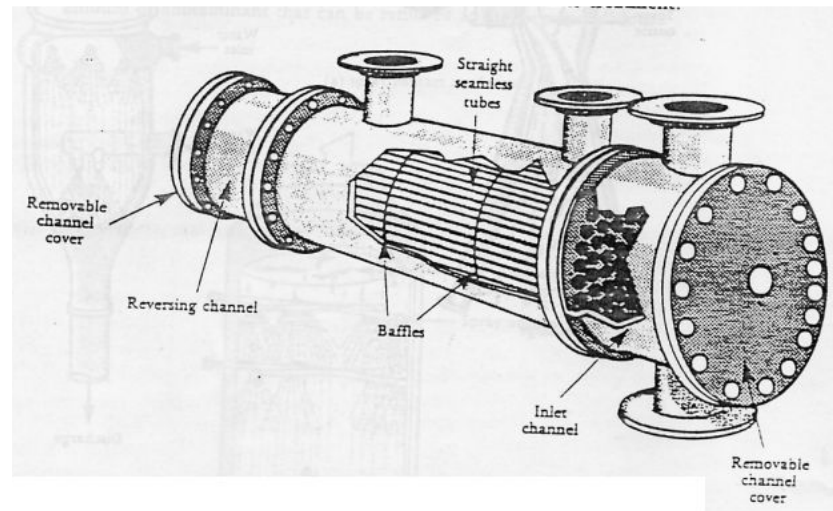


Figura 7. 65 - Condensador Tubular de ar frio.

Classificação

Amostradores passivos

- período de tempo previamente definido
- deposição de material por difusão molecular

Amostradores ativos

- período de tempo previamente definido
- fluxo de volume constante (bomba)
- coletor químico ou físico

Analísadores automáticos

- resolução temporal alta (medição quase contínua)
- usando princípios eletro-ópticos

análise no laboratório

Amostradores ativos

- Material particulado (classes: PTS, MP10, MP2.5)
 - Filtros para separar as classes de tamanho
 - Medição gravimétrico (balança)
- Poluentes gasosos

Poluente	Processo	Absorvente	Indicador
SO ₂	succionado mediante o uso de uma bomba de vácuo e borbulhado em solução absorvente	tetracloromercurato	absorbância de luz (espectrofotometria)
		peróxido de hidrogênio	acidez (titulação)
NO ₂		arsenito de sódio (NaAsO ₂)	cor (colorimetria)

Analisadores automáticos

- Amostragem

Poluente	Princípio eletro-óptico
CO	Absorção de infravermelho não dispersivo
O ₃	Absorção de ultravioleta (254nm)
SO ₂	Fluorescência
NO ₂	Quimiluminescência
PTS	Absorção de radiação beta
Hidrocarbó- netos	Cromatografia gasosa / ionização de chama (ou espectrômetro de massa)

*Junior, Olimpio et al. Emissões Atmosféricas. Senai (2002)

- LIDAR (Light Detection and Ranging)
 - Densidade óptica de aerossóis (Sun-Photometer)
 - Poluentes gasosos (Laser de comprimento de onda de absorção do poluente + Laser de controle)

Divulgação de dados

Instrumentos de medida da CETESB

<http://ar.cetesb.sp.gov.br/redes-de-monitoramento/>

Índices de cada poluente

<http://ar.cetesb.sp.gov.br/padroes-de-qualidade-do-ar/>

Mapa das estações

http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/Ar/php/mapa_qualidade_rmssp.php

Concentrações de poluição

<http://indicadores.cidadessustentaveis.org.br/br/SP/sao-paulo/concentracoes-de-pm10-material-particulado-mp>

Conclusão



≡ MENU 🔍 BUSCAR

A TRIBUNA.com.br

A TRIBUNA **Assine**

Leia a Edição Digital

Gerente da Cetesb explica como é feito o combate a emissão de poluentes no porto

EneDir Rodrigues comenta também os planos para o futuro da unidade local do órgão

FERNANDA BALBINO

01/03/2016 - 13:58 - Atualizado em 01/03/2016 - 14:04

<http://www.atribuna.com.br/noticias/noticias-detalle/porto%26mar/gerente-da-cetesb-explica-a-fiscalizacao-contra-poluente-no-porto/?cHash=9095f348febdee70cf-e08ba4ac7c2a01>

