

FILTROS DE AR

Podemos definir FILTRO como qualquer elemento permeável colocado em um fluxo de um fluido, podendo ser poroso, tecido ou não tecido, de fibras naturais ou sintéticas; no processo de filtragem o fluido se movimenta através do filtro, que retém partículas sólidas.

Estudos criteriosos dos processos de filtragem surgiram com o advento da era industrial, definindo os parâmetros necessários para o projeto de filtros eficientes e equipamentos com meios filtrantes que não prejudicassem os processos em que fossem necessários.

Foram instalados laboratórios e desenvolvidos equipamentos de testes que permitiram a criação e publicação de normas com recomendações e indicações de aplicações.

No Brasil temos atualmente as normas NBR 16.401 E NBR 16.101, NBR ISO 29463 e algumas externas são utilizadas, principalmente normas EN 1822, ASHRAE 52.1, ASHRAE 52.2,

EN 779, EUROVENT e ISO 16.890.

APLICAÇÕES DE FILTROS DE AR

Podemos afirmar que hoje indústrias farmacêuticas, químicas, de alimentos, refinarias, petroquímicas, eletrônicas etc., não conseguem operar sem filtros.

A utilização de filtros está tão comum que são tratados descuidadamente, podendo passar a representar um alto custo de manutenção, pelos custos de reposição dos mesmos e pelos reparos em equipamentos danificados, pela falta de manutenção adequada, pela falta de critérios técnicos na aquisição deles ou ainda pela especificação inadequada dos filtros

Podemos classificar os filtros de ar quanto a sua aplicação, aos seguintes itens:

- Proteção de instalações
- Alimentação de ar para motores e turbinas de combustão interna
- Alimentação de ar para compressores
- Renovação de ar em ambientes com concentração de público
- Processos produtivos
- Proteção de operadores
- Proteção ambiental
- Refrigeração de quadros elétricos ou de comunicação, máquinas operatrizes
- Refrigeração de ambientes
- Controle de contaminação.

ORIGENS DA CONTAMINAÇÃO CLASSIFICAÇÃO DE CONTAMINANTES

SÓLIDOS

- Pó
Geralmente formados por partículas de 100 micrões, podendo ser de origem mineral (rochas, gesso, argila, etc.); vegetal (polen, fibras, farinha etc.) e animal (pelos, escamas, lã etc.)
- Fumaça
Resultado de combustão incompleta de substâncias orgânicas (lenha, carvão, petróleo, tabaco etc.), as partículas possuem 0,01 a 0,3 micrões
Proveniente de oxidação e sublimação de metais fundidos, possuem 0,1 a 100 micrões

LÍQUIDOS

- Orvalho – gotas provenientes de atomização de material líquido
- Névoa – Gotas provenientes de condensação de vapores
- Vapores – fase gasosa de várias substâncias

GASES

- Fluidos amorfos que tendem a ocupar todo o espaço

ORGANISMOS VIVOS

- Virus – Possuem tamanho de 0,005 a 1 micrôn, se apresentam em colônias ou sobre outras partículas
- Bactérias - Possuem tamanho de 0,4 a 12 micrões
- Esporos - Possuem tamanho 10 a 30 micrões
- Polen - Possuem tamanho de 10 a 100 micrões

CONTAMINAÇÃO DO AR

A tabela abaixo nos dá uma ideia da distribuição de partículas por pé cubico de ar atmosférico, preparada pela Universidade de Minnesota, EUA.

DISTRIBUIÇÃO TÍPICA DE PARTÍCULAS POR TAMANHO E VOLUME

TAMANHO DAS PARTÍCULAS MICRONS	MÉDIA POR FAIXA DE TAMANHO MICRONS	QUANTIDADE POR PÉ CÚBICO DE AR	PORCENTAGEM VOLUME
10 a 30	20	1.000	28
5 a 10	7,5	35.000	52
3 a 5	4	50.000	11
1 a 3	2	214.000	6
1 a 1,5	0,75	1.352.000	2
>0 a 1	0,25	18x10 ⁶	1

Com o desenvolvimento industrial tivemos um aumento da contaminação do ar a ponto de tornar-se um problema; em cidades dos EUA e Europa a quantidade de pó decantado por km² varia entre 10 a 80 ton/km²/mês.

CONTAMINAÇÃO EM AMBIENTES INDUSTRIALIS

Os setores que sempre tiveram uma maior preocupação com a contaminação são as áreas ligadas à saúde, hospitais, indústrias farmacêuticas, indústrias alimentícias, laboratórios, e, dentro desses setores temos alguns com exigências bastante rígidas. Como exemplo seguem setores industriais com grande aplicação de filtros e equipamentos de filtragem.

A contaminação é produzida principalmente por:

- Ar ambiente
- Pessoas no ambiente
- Produtos contaminantes
- Processos produtivos
- Equipamentos
- Outros

SETORES INDUSTRIAIS QUE MIS UTILIZAM FILTROS DE AR

FARMACÊUTICO MEDICAMENTOS	ALIMENTÍCIA	MICRO ELETRÔNICA	PESQUISA	SIDERURGICAS / QUÍMICAS / PETROQUÍMICAS / ENERGIA ELÉTRICA
Vacinas Soros Soluções Parenterais Hormônios Oftálmicos Outros	Laticínios Enlatados Bebidas Fungos Outros	Produção de componentes sensíveis Montagem de conjuntos outros	Laboratórios Biotecnologia Biotérios Outros	Compressores e Turbo Compressores Oxigênio Gases Medicinais Turbo Geradores Motores de Corrente Contínua Painéis de Controle Elétrico e Automação Outros

TIPOS DE FILTROS DE AR

1. PARA CONTROLE DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

Mecanismos de retenção de particulados e de absorção gases e odores, porém não serão focados neste trabalho.

- Precipitadores eletrostáticos
- Ciclones
- Filtros de mangas
- Lavadores de gases

2. PARA CONTROLE DA CONTAMINAÇÃO DE AMBIENTES

Da mesma forma temos mecanismos para retenção de partículas de diversos tamanhos e para absorção de gases e odores.

Este trabalho é focado em **CONTROLE DE CONTAMINAÇÃO**

CLASSIFICAÇÃO E NORMAS DE FILTROS PARA AR

FILTROS GROSSOS, MÉDIOS E FINOS			FILTROS DE ALTA EFICIÊNCIA		
GROSSOS	MÉDIOS	FINOS	EPA	HEPA	ULPA
G1 – G2 – G3 – G4	M5 – M6	F7 – F8 – F8	E10 – E11 – E12	H13 – H14	U15 – U16 - U
NORMAS			NORMAS		
EN 779 - 2012 / EM 779 – 2002 / NBR 16.101 / NBR 16.401 / ASHRAE 52.1 / ASHRAE 52.2 / EUROVENT 4/9			NBR ISO 29.463 / EN 1.822		

CLASSIFICAÇÃO DE FILTROS DE AR - NBR 16.101 GROSSOS, MÉDIOS E FINOS

GRUPO	CLASSE	ΔP FINAL Pa	ARRESTÂNCIA MÉDIA %	EFICIÊNCIA MÉDIA PARTÍCULAS DE $0,4\mu$ - %	EFICIÊNCIA MÍNIMA PARTÍCULAS DE $0,4\mu$ - %
GROSSOS	G1	250	$50 \leq Eg < 65$	-	-
	G2		$65 \leq Eg < 80$	-	-
	G3		$80 \leq Eg < 90$	-	-
	G4		$90 \leq Eg$	-	-
MÉDIOS	M5	450	-	$40 \leq Ef < 60$	-
	M6		-	$60 \leq Ef < 80$	-
FINOS	F7	450	-	$80 \leq Ef < 90$	≥ 35
	F8		-	$90 \leq Ef < 95$	≥ 55
	F9		-	$95 \leq Ef$	≥ 70

Eg : Arrestância média para filtros grossos (método gravimétrico)

NOMENCLATURA DE FILTROS ABSOLUTOS EN 1822 - HIGH EFFICIENCY AIR FILTERS

EPA – Efficient Particulate Air Filter

HEPA – High Efficient Particulate Air Filter

ULPA – Ultra Low Penetration Air Filter

CLASSIFICAÇÃO DE FILTROS ABSOLUTOS – NBR ISO 29463

CLASSE E GRUPOS	EFICIÊNCIA %	VAZAMENTO LOCAL PENETRAÇÃO %
ISO 15 E	≥ 95	-
ISO 20 E	≥ 99	-
ISO 25 E	≥ 99,5	-
ISO 35 E	≥ 99,90	-
		-
ISO 35 H – (H 13)	≥ 99,95	≤ 0,25
ISO 40 H	≥ 99,99	≤ 0,05
ISO 45 H – (H14)	≥ 99,995	≤ 0,025
ISO 50 U	≥ 99,999	≤ 0,005
ISO 55 U	≥ 99,9995	≤ 0,0025
ISO 60 U	≥ 99,9999	≤ 0,005
ISO 65U	≥ 99,99995	≤ 0,00025
ISO 70 U	≥ 99,99999	≤ 0,0001
ISO 75 U	≥ 99,999995	≤ 0,0001

VAZAMENTO LOCAL – Máxima penetração permitida em micro defeitos localizados na superfície do filtro

NORMAS E RECOMENDAÇÕES

As principais normas para filtros de ar, em vigência ou já desatualizadas são as seguintes

- ABNT NBR 16.401 – EN 779 / 2002
- ABNT NBR 16.101 / EN 779 – 2012
- NBR ISO 29.463
- NBR ISO 16.890
- NBR 7256 - 2005
- ASHRAE 52.1.
- ASHRAE 52.2
- EUROVENT 4/9

NORMA ISO 16.890

Por mais de 20 anos a norma EN 779 (NBR 16.401 e NBR 16.101) foi a mais utilizada para classificar filtros de ar, mas, a partir do final de 2016 entra em vigor a ISO 16.890, que altera totalmente a forma como os filtros são testados e classificados, as classe de filtros de G1 a F9 deixarão de ser aplicáveis.

Os órgãos públicos com referência a poluição do ar utilizam os termos PM 10, PM 2,5 E PM 1, significando partículas menores que $10\ \mu$, $2,5\ \mu$ e $1\ \mu$, respectivamente.

Quatro novos grupos de filtros são introduzidos, como segue.

CLASSE	CARACTERÍSTICAS		
	ePM 1	Epm 2,5	Epm 10
ISO Coarse	--	--	< 50 %
ISO ePM 10	--	--	$\geq 50\ %$
ISO ePM 2,5	--	$\geq 50\ %$	--
ISO ePM 1	$\geq 50\ %$	--	--

e = eficiência

Para cair na classe indicada um filtro deve reter pelo menos 50 % das partículas daquela faixa de tamanho, os filtros que retêm menos que 50% de pó PM 10 são classificados como Groso (Coarse)

Para facilitar a comparação com a finalidade de substituição de filtros a Associação EUROVENT desenvolveu uma correspondência na classificação EN 779 e EN ISO 16.890

COMPARAÇÃO ENTRE EM 779 E EM ISSO 16.890

EM 779	EN ISO 16.890 - EFICIÊNCIA MÉDIA - %		
CLASSE	ePM 1	ePM 2,5	ePM 10
M5	4-35	10 - 45	40 - 70
M6	10 – 40	20 - 50	60 – 80
F7	40 – 65	65 - 75	80 – 90
F8	65 – 90	75 - 95	90 – 100
F9	80 - 90	85 - 95	90 - 100

BASEADO EM TESTE REAL SOBRE DADOS DE 91 FILTROS.

EXEMPLO

Determinar classificação de um filtro que garanta a obtenção de um nível seguro de PM 10 = 15 µg/m³ e PM 2,5 = 10 µg10/m³ em um prédio com as concentrações externas de PM 10 = 50 µg/m³ e PM 2,5 = 30 µg/m³

Reduções requeridas:

$$\text{PM 10} = 15/50 \times 100 = 30\%$$

$$\text{PM 2,5} = 10/30 \times 100 = 33\%$$

Eficiência mínima do filtro:

$$\text{PM 10} = 30\%$$

$$\text{PM 2,5} = 33\%$$

COMPARAÇÃO ENTRE NORMAS FILTROS GROSSOS, MÉDIOS E FINOS

NBR 16.101 EM 779	NBR 16.401 EM 779	ASHRAE 52.1		ASHRAE 52.2	EUROVENT 4/9
		EFICIÊNCIA GRAVIMÉTRICA	EFICIÊNCIA MÉDIA PARA $0,4\mu$		
G1	G1	$Am < 65$	--	MERV 1	EU 1
G2	G2	$65 \leq Am < 80$	--	MERV 2	EU 2
G3	G3	$80 \leq Am < 90$	--	MERV 6	EU 3
G4	G4	$90 \leq Am$	--	MERV 8	EU 4
M5	F5	--	$40 \leq Em < 60$	MERV 10	EU 5
M6	F6	--	$60 \leq Em < 80$	MERV 11	EU 6
F7	F7	--	$80 \leq Em < 90$	MERV 13	EU 7
F8	F8	--	$90 \leq Em < 95$	MERV 14	EU 8
F9	F9	--	$90 \leq Em$	MERV 15	EU 19

Am = Arrestância Média

Em = Eficiência Média

COMPARAÇÃO ENTRE NORMAS FILTROS ABSOLUTOS

GRUPO	NBR 7256		EN 1.822		ASHRAE 52.2		
	CLASSE	EFICIÊNCIA %	CLASSE	EFICIÊNCIA %	CLASSE	EFICIÊNCIA MÉDIA	
						E1 0,3 a 1,0 μ	E2 1,0 a 3,0 μ
EPA	A 1	85 – 97,90	E 10	≥ 85	MERV 16	>95 %	> 95 %
	A 2	98 – 99,97	E 11	≥ 95	--	--	--
	A 3	> 99,97	E 12	$\geq 99,5$	--	--	--
HEPA	--	--	H 13	$\geq 99,95$	--	--	--
	--	--	H 14	$\geq 99,995$	--	--	--
ULPA	--	--	U 15	$\geq 99,9995$	--	--	--
	--	--	U 16	$\geq 99,99995$	--	--	--
	-	--	U 17	$\geq 99,99999995$	--	--	--

CLASSIFICAÇÃO DE FILTROS DE AR

QUANTO A COSTRUAÇÃO

Temos basicamente duas formas construtivas para filtros de ar, com meio filtrante fixo e com renovação automática do meio filtrante.

Os que possuem meio filtrante fixo, que é o caso da maioria dos utilizados no controle de contaminação, a perda de carga através deles aumenta sempre ao longo da sua vida útil, até sua saturação, quando devem ser lavados (apenas filtros metálicos) ou substituídos.

Nesta forma construtiva temos:

- Filtros metálicos
- Filtros grossos (planos ou multi – bolsa)
- Filtros finos (planos ou multi - bolsa)
- Filtros absolutos, EPA, HEPA e ULPA

Os componentes de construção destes filtros de modo geral são:

- Meio filtrante
- Suporte do meio filtrante
- Separadores
- Quadro de fechamento
- Selagem

Os de renovação automática (filtros dinâmicos) tem constantemente introduzidos meio filtrante limpo, garantindo uma perda de carga e vazão de ar constantes.

QUANTO A PERFORMANCE

Atendendo ao crescimento e diversificação industrial em todo o mundo foram desenvolvidas normas para definir o desempenho dos diversos filtros existentes no mercado, que estão sempre evoluindo para suprir as necessidades dos usuários. No Brasil temos normalizados três grupos distintos de filtros, normalmente conhecidos como grossos, finos e absolutos, temos normas que englobam filtros grossos e finos, e normas específicas para filtros absolutos.

Na maioria dos países não temos uma única norma que especifique os três grupos de filtros.

Foram também desenvolvidos diversos tipos de testes para avaliar o desempenho, diferentes para cada grupo de filtros, de uma maneira superficial para filtros grossos temos teste gravimétrico, para filtros finos teste colorimétrico e para filtros absolutos testes fotométrico e de contagem de partículas.

O desempenho dos diversos tipos de filtros é apresentado nas diversas tabelas e referências a normas já apresentadas acima, neste trabalho.

SELEÇÃO DE FILTROS DE AR

Cada tipo de aplicação requer um tipo específico de filtro, sendo necessário analisar os seguintes itens:

PARA PROJETOS NOVOS OU RETROFIT

- Tipo de particulado a reter

- Concentração de particulado ao ar ($\text{mg/m}^3 \cdot \text{h}$)
- Agressividade do ambiente (produtos químicos e outros)
- Pressão estática a disponível se for retrofit
- Vazão de ar
- Grau de eficiência necessário
- Definir a necessidade de quantos estágios são necessários, Grosso + Fino + Absoluto, por exemplo
- Espaço disponível para instalação e para manutenção
- Número de estágios necessários.

Com as informações acima o fabricante vai definir o grupo de filtro, o modelo e a classificação necessária, bem como qual elemento filtrante e demais itens construtivos vai indicar.

PARA REPOSIÇÃO DE FILTROS

- Grupo do filtro (grosso, fino ou absoluto)
- Modelo e fabricante
- Dimensões (Comprimento, largura e espessura)
- Vazão de ar
- Perda de pressão inicial
- Eficiência / classe (NBR 16.101 para filtros grossos, médios e finos ou NBR ISO 29.463 para filtros absolutos)
- Método de testes
- Tipo de selagem – gaxeta ou gel
- Tipo de particulado a reter.

MANUTENÇÃO

Para que a instalação de filtragem mantenha as condições de projeto é necessário que os itens abaixo sejam verificados periodicamente:

- Perda de carga, que não pode ser superior à perda final indicada pelo fabricante, que quando atingida indica a necessidade de substituição do filtro
- Comparar a perda de carga medida com a perda de carga inicial indicada pelo fabricante, caso não haja aumento na pressão verificar se há filtros furados ou vazamento pela selagem

- Em instalações com vários filtros em paralelo fazer a troca de todos os filtros, não é recomendada a troca parcial pois o filtro novo tem menor perda de pressão e canalizam mais ar através dele, comprometendo o desempenho do sistema
- Não utilizar num mesmo sistema filtros de procedência diferente, pois embora os filtros possam ser dimensionalmente intercambiáveis cada fabricante tem desenhos e meios filtrantes próprios, que pode ter desempenho diferente
- Por ocasião da troca de filtros avaliar a necessidade de fazer a limpeza dos dutos de ar e das estruturas e, caso haja essa necessidade fazer a limpeza antes da troca dos filtros
- Avaliar periodicamente a necessidade de fazer manutenção corretiva nas estruturas de sustentação dos filtros, executá-la se for o caso.

ANEXO

The Filtration Spectrum - OSMONICS

BIBLIOGRAFIA

Revista Petro & Gás – setembro 89

- Como comprar filtros de ar – Eng. Químico Raul Sadir
- Como comprar filtros industriais – Eng. Químico Carlos Rogério Jardini

ABRAVA / QUALINDOR

- Apresentação de filtros de ar

ARDILE BACCHI NETO

Eng. Mecânico – CREA 0601407006 – SP

Ardile.neto@gmail.com

(19)981426757

