

# Sistema de Limpeza De Gases: Despoeiramento e Abatimento de Contaminantes

Marcelo Ribeiro Cardos  
Engenheiro Mecânico  
Pós-graduado em Gestão de Negócios  
Pós-graduado em Gestão de Projetos

Joaquim Luiz Monteiro de Barros  
Diretor Desenvolvimento de Negócios da Kuttner do Brasil  
Engenheiro Mecânico  
Pós-graduado em Eficiência Energética  
Mestre em Economia – ênfase na Área de Energia  
[jl.monteiro@kuttner.com.br](mailto:jl.monteiro@kuttner.com.br)

## 1- Introdução

Um sistema de limpeza de gases eficiente, confiável, adequado ao ciclo operacional e aos requerimentos ambientais vigentes, mais do que uma exigência legal, deve ser um compromisso de todos no intuito de se proporcionar o menor impacto possível e a mais adequada proteção ao meio ambiente.

Desta forma, uma correta especificação, um criterioso dimensionamento, levando-se em conta as características do processo e do ambiente no qual se encontra a instalação, assim como a utilização de equipamentos eficientes e tecnologicamente avançados, são pontos fundamentais para que a performance do sistema de limpeza de gases atenda as reais necessidades, durante todo o período operacional com elevada disponibilidade, longa vida útil e um baixo custo de manutenção.

## 2- Principais Componentes de um Sistema de Limpeza de Gases

### 2.1-Capttores:

Dispositivos responsáveis pela captação dos gases a serem limpos / tratados em um ou mais pontos do sistema. A captação dos gases deve-se à ocorrência de diferenças de pressão entre os pontos e o ambiente. O correto design dos capttores é fundamental para que o sistema de exaustão controle efetivamente as contaminações atmosféricas em suas fontes geradoras com a mínima vazão de ar e o mínimo consumo de energia. Quanto mais a fonte geradora de contaminantes estiver enclausurada pelo capttor, mais efetivo e econômico será o sistema. Todas as eventuais aberturas nos capttores devem ser as menores possíveis e localizadas longe dos pontos de percurso natural dos contaminantes. Aberturas de inspeção e manutenção devem ser previstas sempre que possível com portas. Capttores que não enclausuram ou confinam os contaminantes exigem maiores vazões e sua efetividade é muito prejudicada por correntes de vento naturais.

### 2.2- Rede de Dutos:

A rede de dutos cumpre o papel de ligar cada capttor ao equipamento de limpeza de gases. É de extrema importância o correto dimensionamento de suas seções de escoamento para cada trecho de tubulação em função da velocidade a ser observada em seu interior. Áreas muito pequenas levam a altas velocidades e a altos desgastes. Áreas muito grandes levam a baixas velocidades e a deposição de material no interior da tubulação. Como velocidade usual em dutos de despoeiramento, recomenda-se valores entre 15 e 20 m/s. O cálculo dos dutos é dado pelas seguintes fórmulas:

$$A = \frac{Q}{V} \quad (\text{Eq 2.1})$$

Onde  
A = área em m<sup>2</sup>  
Q = vazão em m<sup>3</sup>/s  
V = velocidade de fluxo dentro do duto em m/s

Para dutos com seção circular, teremos o diâmetro interno determinado pela fórmula abaixo:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}} \quad (\text{Eq 2.2})$$

Onde  
D = diâmetro em m  
Q = vazão em m<sup>3</sup>/s  
V = velocidade de fluxo dentro do duto em m/s

### 2.3- Abatimento de Contaminantes:

Dependendo do processo gerador dos gases, juntamente com os materiais particulados, reações químicas produzem elementos tóxicos cuja emissão para a atmosfera em valores acima dos estabelecidos por lei pode ser prejudicial à saúde humana e ao meio ambiente. Dessa forma, é necessária a introdução de tecnologias que propiciem a sua redução abaixo dos valores máximos permitidos.

Exemplos de elementos contaminantes são: HF, HCL, SOx, Dioxinas, Furanos, Hg, etc. A sua redução é obtida por meio de injeção de materiais como cal hidratada, bicarbonato de sódio e carvão aditivado por adição direta na tubulação ou em reatores.

## 2.4- Sistema de Resfriamento:

Em muitos processos industriais, os gases a serem limpos são gerados e captados acima das temperaturas de operação permitidas nos equipamentos de limpeza de gases e necessitam, portanto, serem resfriados. Este resfriamento pode ocorrer com ou sem a recuperação e reutilização do calor e como principais equipamentos podem ser citados trocadores de calor e válvulas de diluição para entrada de ar de resfriamento. A adição de ar de resfriamento apresenta a desvantagem de aumentar consideravelmente a vazão total e é geralmente utilizada como um recurso emergencial.

## 2.5- Equipamentos de Despeiramento:

Realizam a separação dos particulados sólidos dos gases a fim de atender aos limites de emissões permitidos pela legislação ambiental, podendo ser:

- Ciclones
- Filtros de Mangas
- Lavadores de gases
- Precipitadores Eletrostáticos

## 2.6- Ventilador / Exaustor

É o equipamento responsável pelo fornecimento de energia cinética ao gás. O dimensionamento do ventilador deve levar em consideração a vazão necessária e a perda de carga do sistema. Basicamente existem os ventiladores do tipo axial e do tipo centrífugo.

## 2.7- Chaminé

Sua função é de conduzir o fluxo de gases limpos para a atmosfera. Sua altura é determinada para cada tipo de aplicação e de acordo com as normas locais. No dimensionamento do diâmetro da chaminé vale a mesma fórmula utilizada para a rede de dutos, entretanto, neste caso, recomenda-se velocidades menores (normalmente entre 10 a 15 m/s) para se evitar ruídos acima do permitido. Em alguns casos é necessária a instalação de silenciadores ou de isolamento acústico em seu corpo, assim como isolamento térmico.

# 3- Filtros de Mangas

Equipamento cujo objetivo é separar o material particulado seco do ar e/ou gases. O processo de filtragem se dá através da passagem do fluxo de gás pelas mangas (elementos filtrantes), proporcionando uma alta eficiência de retenção além de uma elevada confiabilidade operacional.

O gás filtrado sai pelo “pleno de gás limpo” em direção a uma chaminé ou para utilização em algum outro processo enquanto que os particulados retidos nas mangas desprendem-se das mesmas por meio do sistema de limpeza do filtro (usualmente por sopro de ar comprimido), são conduzidos à moega de pó e retirados da mesma geralmente por válvulas rotativas precedidas ou não por transportadores helicoidais ou transportadores de arraste.

Existem muitas alternativas construtivas e características dos filtros de mangas que podem ou não ser selecionadas em função da aplicação e demanda. Dessa forma, a informação dos dados de processo (composição dos gases, composição dos particulados, granulometria dos particulados, vazão, temperatura, pressão e umidade dos gases, etc.) é fundamental para o correto dimensionamento e projeto do filtro.

As mangas podem ser fabricadas com diversos tipos de tecidos, formas e dimensões, que devem ser adequadas para atender as aplicações específicas e as condições operacionais. A tabela abaixo apresenta as propriedades dos principais materiais utilizados para fabricação das mangas filtrantes, assim como suas aplicações.

Tabela 3.1 – Características e Aplicações dos materiais filtrantes

CARACTERÍSTICA	MATERIAIS FILTRANTES						
	Polipropileno	Poliéster	Acrílico	Aramida	Polifenilsulfeto	Poliimida	PTFE
Temperatura de trabalho	90° C	140° C	130° C	200° C	180° C	240° C	250° C
Temperatura máxima	100° C	150° C	135° C	200° C	190° C	240° C	270° C
Abrasão	A	A	A	A	A	A	A
Ácidos	A	NA	A	NA	A	A	A
Alcalinos	A	NA	A	A	A	NA	A
Hidrólise do Calor Úmido	A	NA	A	NA	A	A	A
Oxidantes	A	A	A	A	NA	A	A

A – Aplicável

NA- Não Aplicável

## 4- Características e Vantagens dos Filtros de Mangas Horizontais Lühr / Kuttner

O filtro de mangas horizontais Lühr / Kuttner constitui-se em um equipamento sem similares no mercado brasileiro devido às suas inúmeras características técnicas especiais. Este se diferencia dos filtros Standard pelas seguintes características construtivas:

### 4.1- Disposição e fixação das mangas filtrantes

Nos filtros de mangas Lühr / Kuttner as mangas estão dispostas horizontalmente e a chapa espelho fica na lateral do filtro, fazendo a divisão entre o gás sujo e o pleno de gás limpo.

As mangas são fixadas em suas duas extremidades, na chapa espelho e na chapa traseira do filtro. Dessa forma, as mesmas não se tocam em nenhum momento (nem durante a limpeza) e não há atrito entre elas, como no caso dos filtros de mangas verticais.



Foto 4.1: Fixação Mangas / Espelho



Foto 4.2: Fixação Mangas / Chapa traseira

### 4.2- Formato das mangas e das gaiolas de sustentação

Nos Filtros de Mangas Lühr / Kuttner as gaiolas de sustentação têm forma de "8" ao invés da tradicional seção circular. As gaiolas têm menor distanciamento entre os arames de sustentação das mangas (abertura de malha 25 x 25 mm) o que resulta em uma melhor distribuição do carregamento, uma menor solitação mecânica e uma maior vida útil das mangas. Os quadros de apoio (gaiolas) das mangas possuem um formato pontiagudo no topo de maneira a evitar o acúmulo de pó.



Foto 4.3: Gaiola de um filtro Lühr / Kuttner

### 4.3- Limpeza das mangas

Dependendo da aplicação pode-se utilizar sistemas de limpeza de média ou alta pressão, on-line ou off-line, fixos ou móveis.

O sistema de limpeza fixo, a exemplo do filtro Standard, possui tubos fixos. A diferença é que estes tubos se encontram posicionados verticalmente na frente de cada fileira de mangas e com orifícios direcionados no centro de cada manga. Cada tubo possui uma válvula solenóide que aciona o sopro de ar comprimido para a execução da limpeza das mangas.

O sistema móvel possui um carro de limpeza que se encontra acima e fora do filtro e protegido do ambiente, de forma a não estar sujeito a nenhum tipo de pó ou chuva. O regime de trabalho do carro de limpeza é muito efetivo, tornando a manutenção praticamente desnecessária. O carro de limpeza utiliza ou um ventilador de baixa pressão ou um tanque pulmão de ar comprimido e uma válvula solenóide, eliminando as inúmeras válvulas do filtro tradicional, além de inúmeras saídas digitais do programador. Como o número de válvulas é extremamente reduzido, a manutenção de válvulas solenóides é mínima em comparação a um filtro Standard.

O carro de limpeza se locomove em conjunto com um braço localizado à frente das mangas e que possui orifícios por onde o ar de limpeza é soprado para a limpeza de uma fileira de mangas. Duas fileiras adjacentes à esquerda e à direita da fileira em processo de limpeza são tapadas, interrompendo a filtração e isolando a fileira em processo de limpeza. O resultado é a limpeza off-line das mangas mesmo sem o uso de compartimentos. Desta forma, o aproveitamento da área filtrante é bem maior, contribuindo também para deixar o filtro ainda mais compacto.

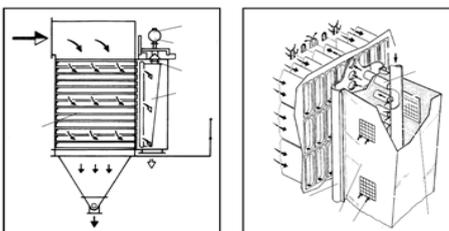


Fig 4.1: Sistema de limpeza móvel utilizando tanque pulmão e válvula solenóide.

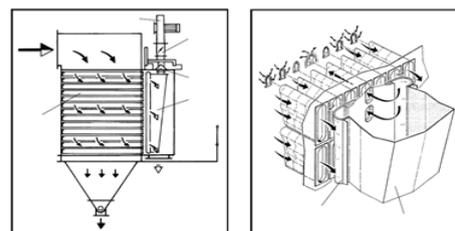
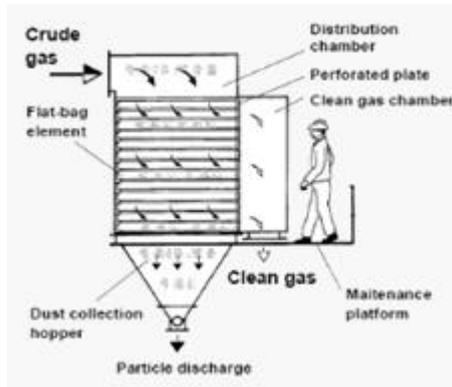


Fig 4.2: Sistema de limpeza móvel utilizando soprador.

#### 4.4- Fluxo de gás

O arranjo das mangas permite o fluxo do gás sujo descendente, ao invés do tradicional ascendente. O fluxo descendente favorece o transporte do pó em direção à moega. Esta característica permite que a velocidade do gás entre as mangas seja alta, possibilitando que as mesmas sejam instaladas a uma pequena distância umas das outras tornando o filtro mais compacto. Desta forma, o filtro torna-se consideravelmente mais leve e menor do que um filtro Standard para a mesma capacidade de filtragem. As menores dimensões do filtro propiciam, da mesma forma, uma grande redução na estrutura de sustentação. Este benefício se potencializa quanto mais alta for a estrutura metálica de sustentação do filtro.

**Fig 4.3:** Arranjo esquemático mostrando o fluxo de gás sujo descendente atravessando as mangas montadas horizontalmente



#### 4.5- Distribuição de gás

Pela construção do filtro é possível uma distribuição do gás igualitária em todas as seções, o que evita sobrecarregar algumas mangas e subutilizar outras.

#### 4.6- Separação de partículas grossas

O Filtro de Mangas Lühr / Kuttner pode ser construído com um pré-separador de particulados grossos interno ou externo para evitar o impacto dos mesmos com as mangas e reduzir assim o efeito abrasivo aumentando a vida útil das mesmas.

#### 4.7- Manutenção – Identificação e troca de mangas furadas

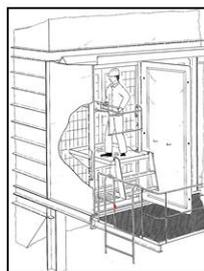
A identificação das mangas furadas nos filtros Lühr / Kuttner se dá pelo acúmulo de pó na face interna das portas de visita em frente às mesmas. Nos modelos com sistema de limpeza com tubos fixos, o acúmulo de pó é observado no próprio tubo em frente à manga furada.

No caso de alguma manga furada, é necessária apenas uma breve parada do filtro para a vedação da mesma com uma tampa cega não sendo necessária a sua troca imediatamente.

Devido ao arranjo horizontal e o comprimento das mangas (1.000 a 2.500 mm), o manuseio e troca das mesmas pode ser realizado por uma única pessoa. As mangas são dispostas horizontalmente, o que facilita seu acesso, eliminando a necessidade de subir no topo do filtro, bem como talhas para manutenção e as tradicionais tampas para remoção das mangas filtrantes. A sua retirada é pela lateral do filtro, o que facilita a sua troca, pois o operário não precisa fazer esforço na vertical. Isto se deve ao fato de as mangas adjacentes sustentarem a manga que está sendo retirada. As portas para retirada das mangas na lateral do filtro dificultam a infiltração da água da chuva. Para filtros de até 3 metros de altura é utilizada uma plataforma móvel.



**Foto 4.4:** Plataforma de manutenção



**Fig 4.4:** Plataforma de manutenção adicional para filtros de mangas > 3,0 m de altura

#### 4.9- Montagem final no campo

Para facilitar e acelerar os serviços de montagem de campo, bem como para garantir a qualidade do produto, a montagem final dos módulos de filtragem bem como o seu pré-teste são executados na fábrica. Assim, o serviço no campo se limita a retirar com o guindaste o módulo totalmente pré-montado da carreta e posicionar o mesmo sobre a estrutura metálica previamente erguida. Em consequência, os custos e tempos de montagem no campo se reduzem.

## 5- Exemplos recentes de instalações Kuttner de sistemas de limpeza de gases no Brasil

**Despoeiramento Secundário  
Sinterização de Nióbio**  
Vazão: 320.000 m<sup>3</sup>/h  
Temperatura: 60° C  
Comissionamento: 2012  
Cliente: CBMM



**Despoeiramento Primário  
Sinterização de Manganês**  
Vazão: 113.000 m<sup>3</sup>/h  
Temperatura: 150° C  
Comissionamento: 2007  
Cliente: VALE - RDM



**Despoeiramento Secundário  
Sinterização de Manganês**  
Vazão: 200.000 m<sup>3</sup>/h  
Temperatura: 90° C  
Comissionamento: 2007  
Cliente: VALE – RDM



**Despoeiramento das Baias  
de Emergência**  
Vazão: 450.000 m<sup>3</sup>/h  
Temperatura: 110° C  
Comissionamento: 2012  
Cliente: Thyssen Krupp CSA



**Despoeiramento de  
Manuseio de Carvão**  
Vazão: 270.000 m<sup>3</sup>/h  
Temperatura: 35° C  
Comissionamento: 2011  
Vallourec & Sumitomo do Brasil



**Filtro de Processo para  
Moagem de Carvão Vegetal**  
Vazão: 80.000 m<sup>3</sup>/h  
Temperatura: 100°C  
Com. previsto para 2014  
Vallourec & Sumitomo do Brasil



## 6- Considerações finais

O correto dimensionamento de um sistema de limpeza de gases inicia-se com a coleta dos dados relativos aos materiais contaminantes, composição química dos gases, temperaturas e pressões envolvidas, entendimento do processo gerador das emissões, etc. Em seguida, deve-se avaliar os limites de emissões que pretende atingir selecionando as soluções técnicas adequadas à cada aplicação (tipos de captores, tipo do equipamento de limpeza dos gases, tratamentos necessários para abatimento de contaminantes, necessidades especiais de operação e manutenção, simultaneidades, medidas contra desgastes, medidas contra condensação, medidas contra explosão, etc). Portanto, para cada caso específico deve-se realizar uma análise cuidadosa e buscar-se uma solução adequada e eficiente. Neste sentido, a expertise e vantagens tecnológicas da Kuttner em parte citadas neste informativo e demonstradas em nossas centenas de referências no Brasil e no Mundo proporcionam sistemas confiáveis e eficazes na limpeza dos gases e minimização dos efeitos nocivos dos diversos processos produtivos ao meio ambiente e à saúde do ser humano.

Um especialista da Kuttner está a sua disposição para, através de uma análise técnica de sua planta ou seu projeto, verificar os pontos técnicos inerentes às emissões de particulados e gases contaminantes, tóxicos, definindo as melhores soluções para o atendimento das normas ambientais com segurança e eficiência.