



NÃO TECIDO DE POLIÉSTER PLISSADO PARA FILTRAÇÃO DE PARTICULADOS FINOS

Luciano Peske Ceron, Sandra Mara Oliveira Einloft, Rosane Angelica Ligabue*

* Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS) – luciano.ceron@pucrs.br

SÚMULA

O chumbo é reconhecido pela Organização Mundial da Saúde como um dos elementos químicos mais perigosos para a saúde humana, sendo o mais utilizado dos metais não ferrosos. O maior uso do chumbo é em indústrias de óxidos de chumbo, fabricação de baterias e reciclagem do chumbo industrializado. Este artigo apresenta uma alternativa de produção tecnológica mais limpa e economicamente viável, integrada aos processos industriais de filtração de chumbo, com aplicação de mangas plissadas de poliéster em empresa deste setor, substituindo as mangas convencionais de não tecidos. Os resultados mostram a diminuição de emissão para a atmosfera, devido a uma maior área útil das mangas plissadas e consequente maior eficiência de captação de particulados de chumbo.

Palavras-chave: Manga Plissada, Não tecido, Particulados.

NON-WOVEN POLYESTER RUFFLE FILTRATION OF FINE PARTICULATE

ABSTRACT

Lead is recognized by the World Health Organization as one of the most hazardous chemicals to human health, the most widely used non-ferrous metals. The largest use of lead is in industries oxides of lead, battery manufacturing and recycling of industrial lead. This article demonstrates an alternative cleaner production technology and cost-effective, integrated industrial processes lead filtering, applying sleeves pleated company in this sector, replacing the sleeves conventional non-woven. The measured results show a decrease of emission to the atmosphere, due to a higher floor area of pleated and consequent greater capture efficiency of particulate lead.

Keywords: Pleated; Non-Woven; Particulates.

1. INTRODUÇÃO

Problemas advindos da poluição atmosférica variam em diferentes partes do mundo; reduzir tal poluição requer adoção de estratégias próprias para fontes e tipos específicos de poluentes. Estratégias razoáveis para o controle da poluição atmosférica são aquelas que visam reduzir, coletar, capturar ou reter os poluentes antes que eles atinjam à atmosfera (ASSUNÇÃO, 1998).

O chumbo existe na crosta terrestre em pequenas quantidades e está presente na forma de diversos compostos, nomeadamente na forma de acetato, cloreto, cromato, nitrato e óxido. Os efeitos produzidos pelo chumbo são independentes da via de exposição (inalação ou via oral) e correlacionam-se com os níveis sanguíneos (TOCCHETTO, 2005).

No Homem, os principais efeitos resultantes da exposição crônica ao chumbo são os efeitos no sistema nervoso. Quantidade entre 40 a 60 $\mu\text{g}/\text{dL}$ provoca sintomas neurológicos, enquanto valores de 30 a 40 $\mu\text{g}/\text{dL}$ são responsáveis por diminuição da condução dos impulsos nervosos em nível dos nervos periféricos. As crianças são particularmente sensíveis aos efeitos



neurotóxicos do chumbo. Existe evidência de que níveis sanguíneos de 10 a 30 $\mu\text{g/dL}$ ou mesmo inferiores, podem afetar o limiar da audição e o crescimento em crianças. A exposição crônica ao chumbo pode também ser responsável por efeitos no sangue, nomeadamente anemia, na pressão arterial, na função renal e por interferência no metabolismo da vitamina D (BARROS, 2000). Os filtros de mangas de jato pulsante, instalados em empresa de produção de baterias, apresentava alta emissão de particulados depois de algum tempo de uso das mangas filtrantes convencionais em poliéster, não alcançando a legislação pertinente no CONAMA nº 382 de 2006. Esta estabelece os limites máximos de emissão para poluentes atmosféricos, gerados em processos de fusão secundária de chumbo, conforme a Tabela 1.

Tabela 1 - Limites de emissão em mg/Nm^3 para poluentes atmosféricos.

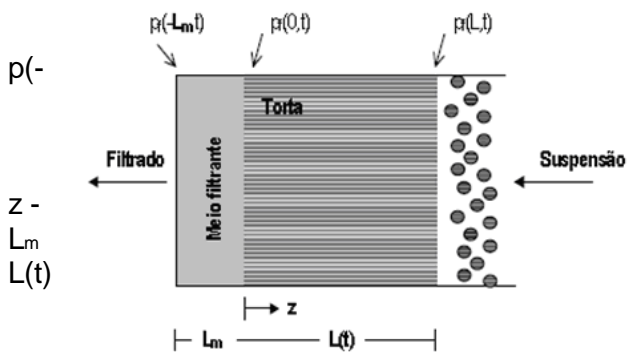
Processos com chumbo	M.P.	SO ₂	Pb
Recuperação de chumbo	50	500	5,0
Refino de chumbo	N.A.	N.A.	0,2
Produção de óxido de Pb ou zarcão	N.A.	N.A.	5,0
Produção de grades para baterias	N.A.	N.A.	0,4
Linha de produção de baterias	N.A.	N.A.	1,0
Preparo de massa	N.A.	N.A.	1,0
Empastamento	N.A.	N.A.	1,0
Moinho de óxido	N.A.	N.A.	1,0
Produção de sais de chumbo	N.A.	N.A.	1,0
Soldas de chumbo	N.A.	N.A.	1,0
Banhos de chumbo	N.A.	N.A.	0,2

O meio filtrante dos plissados é um não tecido fabricado pelo processo spunbonded, onde as fibras são calandradas sob calor e pressão, garantindo não haver variação na permeabilidade, proporcionando maior eficiência de filtração, cerca de duas vezes maiores que as mangas convencionais. O projeto é economicamente favorável devido à maior área útil do elemento filtrante, pois a saturação do têxtil fica retardada, aumentando a vida útil do plissado (RENNER TEXTIL, 2001).

1.1. Filtração de Particulados

Em indústrias de chumbo a maior dificuldade é a minimização dos particulados de chumbo para o meio ambiente, visto que a legislação pertinente no CONAMA nº 382 estabelece o limite máximo de emissão de chumbo em 5 mg/Nm^3 e o total de material particulado em 50 mg/Nm^3 , gerados em processos de fusão secundária de chumbo. A melhor condição de operação de filtração de material particulado é a combinação entre a máxima eficiência de coleta e a mínima perda de carga. Os tecidos utilizados nesses equipamentos são muito importantes para o desempenho dos filtros, uma vez que as propriedades do elemento coletor devem ser compatíveis com o gás e o pó coletado, de acordo com as suas características térmicas, físicas e químicas (DIAS, 2008).

A filtração é a passagem de um gás “sujo” por um meio filtrante, que separa as partículas da corrente gasosa, formando uma camada de pó sobre a sua superfície. Essa camada de pó chamada de torta de filtração, com o decorrer da filtração, também passa a exercer o papel de superfície filtrante, mostrado na Figura 1. Com o passar do tempo, a espessura da torta vai aumentando, assim como a perda de carga no filtro, até alcançar um valor de $150 \text{ mmH}_2\text{O}$. Alcançado esse valor a torta de pó deve ser removida da superfície do não tecido (TOMAZZONI, 2007).



$L_{m(t)}$ - tempo para percorrer espessura do meio filtrante.
 $p(0,t)$ - tempo inicial de formação da torta.
 $p(L,t)$ - tempo final de formação da torta.
 L_m - medida inicial da espessura da torta.
 $L(t)$ - espessura do meio filtrante.
 $L(t)$ - espessura do meio filtrante com o acúmulo da torta.

Figura 1 - Filtração de particulados.
 Fonte: DIAS (2008).

1.2. Filtro

Do latim *filtru*, o termo filtro significa feltro que é um elemento que deixa passar ou barrar determinado produto, elemento ou energia de acordo com o uso físico que se dá a este. Em mecânica e hidráulica - um filtro é qualquer peça de material poroso (papel, cerâmica, tela, têxtil, etc), que tenha pequenos orifícios, através dos quais se faz passar um líquido ou gás. No processo de filtração de gases são retiradas partículas sólidas dispersas do meio gasoso. Pode ser também um sistema que purifica, fazendo passarem fluidos por peças ou componentes de materiais porosos em filtro de não tecido, retendo os componentes indesejados no processo de filtração (DICKENSON, 1994).

O princípio de funcionamento de um sistema de filtração de particulados, o ar é carregado de impurezas, entra no filtro pela moega inferior e movimenta-se para cima, já com velocidade reduzida. As partículas são retidas na parte externa das mangas, enquanto o ar atravessa as mesmas. O ar filtrado é expelido para a atmosfera ou retorna ao processo, conforme mostra a Figura 2 (RENNER TÊXTIL, 2001).

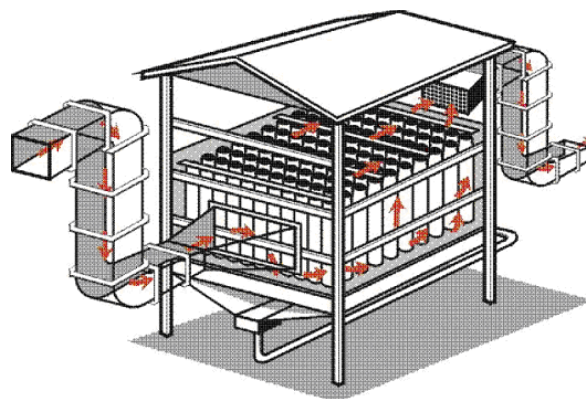


Figura 2 - Sistema de filtração de particulados.
 Fonte: RENNER TÊXTIL (2001).

O projeto de um filtro de não tecido requer considerações de muitos parâmetros, nos quais os principais são a área de filtragem, perda de carga, mecanismo de limpeza e configuração das mangas (TOMAZZONI, 2007). O tamanho do filtro de não tecido é determinado pela área requerida para filtrar os gases, a qual é função da velocidade de filtragem escolhida. Embora altas

velocidades estejam associadas a altas perdas de cargas, elas também reduzem a área requerida.

A velocidade dos gases irá depender do método de limpeza, do material das mangas e das características das partículas. Em geral, para filtro com fios tecidos é de 0,45 a 0,90 m/min e para os não tecidos pode chegar de 1,1 a 4,5 m/min (RENNER TÊXTIL, 2001).

A deterioração dos filtros pode ocorrer devido a excesso térmico, stress mecânico provocado por repetidas flexões, ataques químicos e abrasão (TOMAZZONI, 2007).

1.3. Mangas Convencionais de Poliéster

O têxtil utilizado na confecção de mangas filtrantes para a filtração de chumbo, normalmente é o poliéster, que possui a configuração e montagem, conforme mostra a Figura 3. Este não tecido de poliéster é produzido pelo processo de agulhagem, termofixação, calandragem e chamuscagem (RENNER TÊXTIL, 2001).

Os não tecidos trançados possuem uma eficiência inicial relativamente baixa, porque apenas a superfície do meio filtrante oferece resistência às partículas em suspensão. Após se iniciar a formação da torta esta colabora com o processo, uma vez que passa a fazer parte do filtro. Porém, a espessura da torta cresce gradativamente e, conseqüentemente, vai aumentando a perda de carga no filtro, tornando-se necessário efetuar uma limpeza periódica do mesmo, para remover a torta, e manter assim o filtro em condições novamente favoráveis de operação (DIAS, 2008).

A limpeza das mangas consiste na injeção de ar comprimido de forma contínua e automática, através de aceleradores do tipo venturi, montados no plenum superior do filtro, um para cada manga. O ar comprimido no venturi induz uma grande quantidade de ar secundário, criando uma onda de choque, com respectivo movimento simétrico no tecido filtrante, deslocando as partículas para a moega de retenção (Figura 3). O tempo de injeção do ar comprimido em cada fila de mangas, assim como a intermitência, ou seja, o período decorrido entre a limpeza de uma fila e a subseqüente é comandado por um temporizador eletrônico de circuitos integrados (AR AMBIENTAL, 2004).

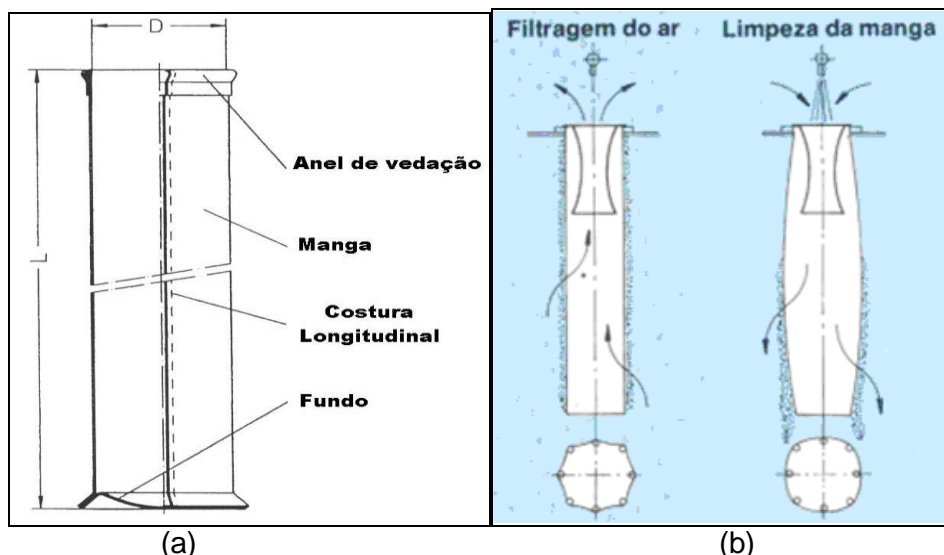


Figura 3 - (a) Manga filtrante; (b) Fluxos de filtragem do ar e limpeza da manga.
Fonte: AR AMBIENTAL (2004).

1.4. Mangas Plissadas de Poliéster

Os elementos filtrantes plissados são construídos pelo processo spunbonded, onde as fibras são calandradas sob calor e pressão, garantindo maior eficiência de filtração e elevada estabilidade (VIANA & ROCHA, 2009).

A manga plissada assegura a retenção de particulados extremamente finos, com melhor eficiência a partir de 0,5 microns de diâmetro da partícula (Figura 4). A excelente qualidade de filtração é conseguida devido ao bom desprendimento, com menor esforço e desgaste do elemento filtrante (BWF, 2007).

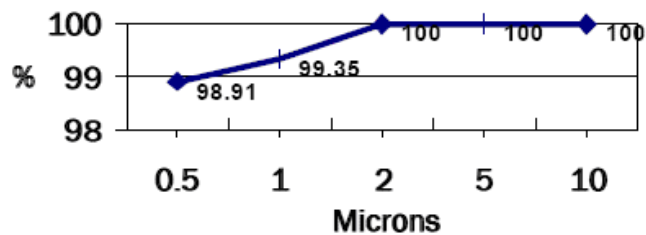


Figura 4 - Eficiência da manga plissada x Tamanho do diâmetro da partícula.
 Fonte: BWF (2007).

O espaçamento maior entre as dobras plissadas garante um excelente desprendimento do pó durante o ciclo de limpeza, melhorando o desempenho do processo de filtração. Isso ocorre devido o aumento da área filtrante, reduzindo a relação ar-pano, ou seja, diminui a velocidade de filtração (RENNER TÊXTIL, 2001).

Conforme Renner Têxtil (2001), a utilização de filtro plissado pode ser com mangas mais curtas, o que cria uma câmara abaixo das mangas, ocorrendo uma melhor distribuição das velocidades dos gases. Esta melhor distribuição e por conta da câmara abaixo das mangas, reduz a velocidade ascendente dos gases no filtro. Por conta disto, permitirá que boa parte do pó já precipite na moega, reduzindo a carga que vai subir para as mangas. Na Figura 5 para as duas condições no filtro, com mangas convencionais e plissadas, está indicada a tendência de distribuição de mangas filtrantes e o perfil de velocidade ascendente dos gases.

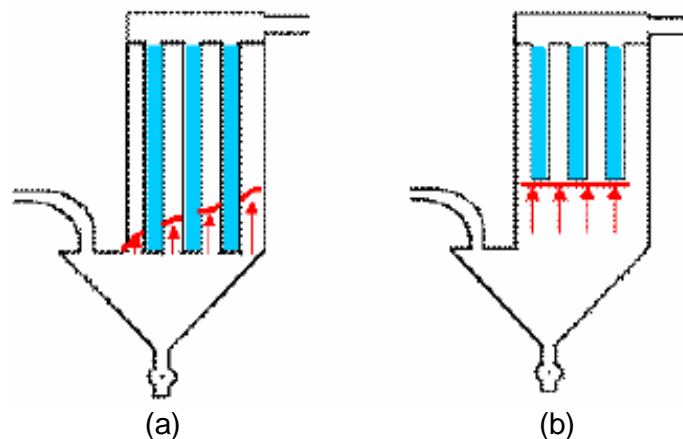


Figura 5 - (a) Filtro convencional; (b) Filtro plissado.
 Fonte: RENNER TÊXTIL (2001).

No filtro de mangas convencional a pressão do ar comprimido deve ficar em torno de 6,0 bar e o tempo de permanência de abertura das válvulas solenoides deve ser entre 14 a 16 milissegundos. No filtro com mangas plissadas, a pressão do ar comprimido deve ficar em torno de 4,0 bar e o tempo de permanência de abertura das válvulas deve ficar entre 18 a 20 milissegundos. O intervalo de batimento entre válvulas num filtro de manga convencional deve ficar em média em torno de 15 segundos. Um filtro com manga plissada deve ficar em torno de 35 a 45 segundos (CERON, 2010).

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é demonstrar uma tecnologia mais limpa no processo de filtração de particulados de chumbo e gases industriais, abrindo possibilidade para outros setores industriais usarem a mesma aplicação de mangas plissadas.

3. MÉTODOS

Acompanhamento operacional durante doze meses com mangas convencionais e posteriormente com mangas plissadas, pelo mesmo período de tempo, controlando as variáveis de material particulado e chumbo, ambos em mg/Nm³. Utilização de sonda modelo RP-04 e detector de pó modelo GDM-01, para monitorar o material particulado e o efeito triboelétrico, ajustando a isocinética. Controle de vazão, velocidade e pressão usando medidor modelo MVP-2.

A conversão do filtro foi projetada com o objetivo de maximizar a eficiência operacional do equipamento, de maneira que se pudesse então satisfazer os requisitos de baixas emissões. As relações de projeto e mudanças no filtro em condições operacionais com mangas convencionais e plissadas são mostradas na Tabela 2.

Tabela 2 - Variáveis e mudanças no projeto das mangas.

Condições do equipamento	Convencional	Plissada
Volume de gás (m ³ /h)	3.534,20	3.534,20
Temperatura média (°C)	31,10	32,70
Umidade dos gases (% vol.)	1,19	1,42
Número de linhas	5	3
Número de colunas	7	7
Número de mangas	35	21
Diâmetro das mangas (mm)	165	150
Comprimento das mangas (mm)	3.800	2.000
Área filtrante da manga (m ²)	1,97	4,00
Relação ar pano (m ³ /m ² .min)	0,85	0,70
Área filtrante do filtro (m ²)	69,30	84,15
Velocidade ascendente (m/seg)	1,00	0,70

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os acompanhamentos mensais de emissão do filtro foram monitorados em mg/Nm^3 para material particulado (M.P.) e chumbo (Pb), conforme a Tabela 3. Primeiro com mangas convencionais e após a mudança do projeto para mangas plissadas.

Tabela 3 - Resultados de emissão em mg/Nm^3 .

Mês	Convencional		Plissada	
	M.P.	Pb	M.P.	Pb
1	5,12	2,35	2,03	0,03
2	6,15	3,45	2,22	0,02
3	7,58	4,22	2,50	0,04
4	9,54	4,56	2,43	0,03
5	14,65	4,89	2,35	0,05
6	24,78	6,12	2,12	0,04
7	28,93	7,63	3,11	0,07
8	35,85	7,72	2,85	0,10
9	39,11	9,12	3,19	0,09
10	60,35	10,22	3,45	0,12
11	69,22	12,34	4,12	0,13
12	79,36	14,68	4,27	0,15

A apresentação dos resultados na Tabela 3 é mostrada em forma de gráficos para a manga convencional, com a faixa limite de uso em vermelho (Figura 6); e para a manga plissada com a tendência de durabilidade pelas equações polinomiais das curvas (Figura 7).

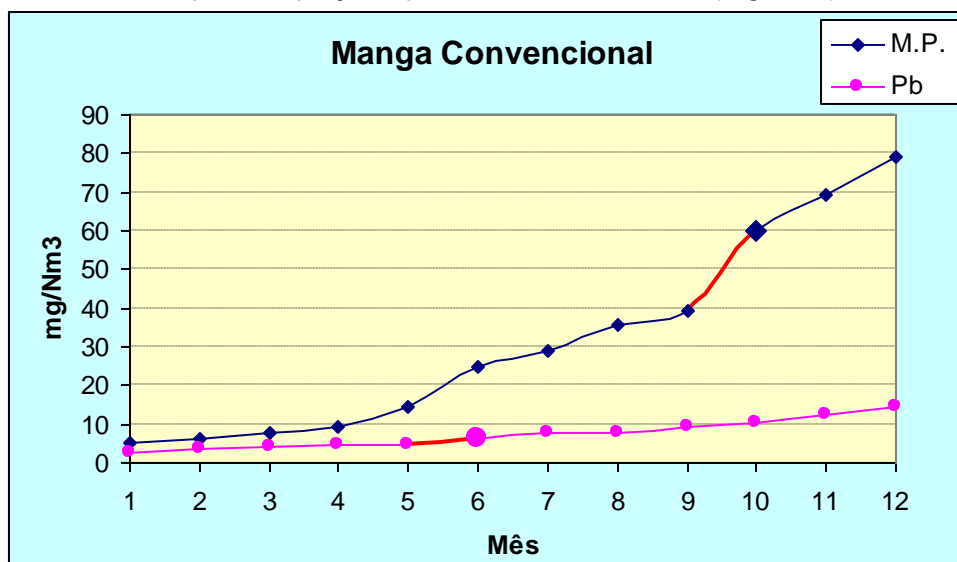


Figura 6 - Acompanhamento de emissão para manga convencional.

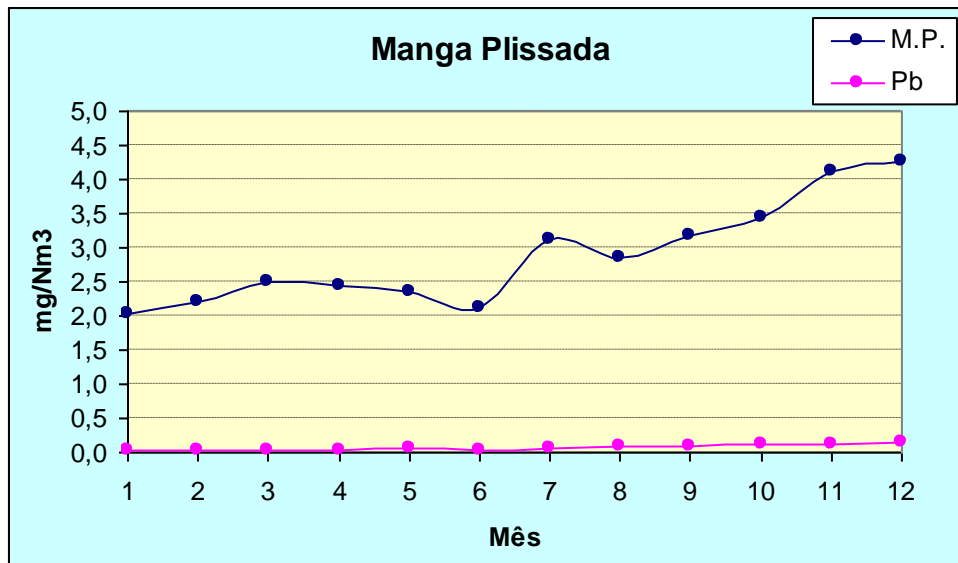


Figura 7 - Acompanhamento de emissão para manga plissada.

As equações 2 e 3 são polinômios que representam respectivamente as curvas de M.P. e Pb, listas a seguir:

$$y = 0,0204 x^2 - 0,0736 x + 2,2618 \quad (R^2 = 0,9166) \quad \text{(Equação 2)}$$

$$y = 0,0009 x^2 + 0,0001 x + 0,0234 \quad (R^2 = 0,9563) \quad \text{(Equação 3)}$$

O tempo de vida útil para a manga convencional ficou limitado em 6 meses de uso, devido a emissão de chumbo atingir 6,12 mg/Nm³, ultrapassando o limite recomendado pelo CONAMA nº 382 em 5 mg/Nm³. Pelo material particulado o tempo chegou em 10 meses de uso, até atingir uma emissão de 60,35 mg/Nm³, que ultrapassou aos 50 mg/Nm³ recomendados pela legislação.

A estimativa de durabilidade para a manga plissada usando a equação 2, atingirá 51,57 mg/Nm³ de emissão de material particulado com 51 meses, aproximadamente 4 anos de uso. Já a estimativa pela equação 3 para o chumbo é superior, chegando a 75 meses de uso até atingir a emissão de 5,09 mg/Nm³. Portanto, a vida útil da manga plissada é estimada em 4 anos de uso para esta aplicação de chumbo, controlada pela emissão de material particulado.

A utilização de manga plissada inverteu a tendência da variável de controle no filtro, pois com manga convencional o limitante de emissão é o chumbo, ao passo que com manga plissada o limitador passou a ser o material particulado.

5. CONCLUSÃO

Os resultados mostram que as emissões de material particulado e de chumbo foram controladas com manga plissada durante os 12 meses de avaliação, com valores abaixo do que a legislação recomenda. Ocorreu aumento da capacidade de filtração, conseqüentemente elevando o desempenho de produção, devido à diminuição do tempo de paradas para troca de mangas filtrantes. Portanto, a conversão foi uma solução economicamente viável, evitando a compra de um novo equipamento.

Pode-se concluir que é perfeitamente possível ajustar a utilização da mesma tecnologia de plissados de poliéster para a maioria dos processos industriais que utilizam filtros de mangas convencionais de não tecidos.



A vasta gama de tipos de agressões ao meio ambiente nas atividades industriais obriga a necessidade de especializações diversificadas para seus controles, pois, até dentro de um mesmo tipo, os controles dos poluentes se diferenciam pela espécie, pela quantidade e até mesmo pela periodicidade da agressão. Assim, caso a caso, tecnologias específicas se impõem. Em fim, o controle deverá ter a tecnologia adequada para que se alcance, com eficiência, o benefício ambiental que justifique o investimento em controles por equipamentos e materiais têxteis diferenciados.

REFERÊNCIAS

AR AMBIENTAL. **Manual Filtro de Mangas**. 3. ed, Cajamar: Ar Ambiental, 2004.

BARROS, J. H. **Parecer relativo ao tratamento de resíduos industriais perigosos**. 2000. Disponível em: <<http://www.mun-setubal.pt/NR/rdonlyres/971604A0-3D2E-481D-8807-9883243AB3C7/4328/ParecerqueimaresiduosindustriasCCI.pdf>> Acesso em: 26 fev. 2014.

BWF. **PTFE membrane coated filter media in comparison with needlona mps concept**. 5. ed, Germany: BWF, 2007.

CONAMA. **Resolução CONAMA 382/2006 - Limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas**. Brasília: CONAMA, 2008, 928 p.

DIAS, T. Indústria de borracha livre de particulados. **Meio Filtrante**, São Bernardo do Campo, v. 7, n. 32, p. 32-36, mai. 2008.

DICKENSON, C. **Filters and Filtration Handbook**. 3 ed. Oxford: Elsevier Advanced Technology, 1994.

DITTLER, A.; KASPER, G. **Patchy cleaning of rigid filter media – Experimental determination of ransient regeneration phenomena**, 1999.

RENNER TÊXTIL. **Manual Técnico de Fibras**. 2. ed., Cachoeirinha: Renner Têxtil, 2001.

TOCCHETTO, M. R. L. **Gerenciamento de resíduos sólidos industriais**. Santa Maria: UFSM, 2005, 97 f. Graduação (Química Industrial), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

TOMAZZONI, F. **Economia de ar comprimido nos filtros de manga do sistema de despoeiramento de alumina da empresa Alunorte - Alumina do Norte do Brasil S.A**. 2007. 128 f. Graduação (Faculdade em Engenharia) – Departamento de Engenharia Química, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

VIANA, F. L. E.; ROCHA, R. E. V. **Benchmarking Interno: aplicação na manufatura de uma organização do setor de transformação de plásticos**. Santa Maria, p.34-45, 2009. Disponível em: <<http://www.ingepro.com.br/index.php/ingepro/articcle/viewFile/114/100>> Acesso em: 20 ago. 2009.