

## ÁREA TEMÁTICA: GESTÃO AMBIENTAL

# PROJETO DE MANGAS FILTRANTES COM MICROFIBRAS PARA FILTRAÇÃO DE PARTICULADOS FINOS EM FUNDIÇÃO

*Marcelo Zefino Teixeira (Marcelozefino@outlook.com)*

*Dr. Luciano Peske Ceron (Luciano.ceron@puccrs.br)*

*Universidade Católica do Rio Grande do Sul - PUCRS*

## RESUMO

Esse trabalho teve como objetivo a avaliação da eficiência de elementos filtrantes de poliéster em filtro de manga aplicado em indústria de fundição, mostrando como um equipamento bem dimensionado pode proporcionar ganhos em eficiência, obtendo-se resultados positivos quanto à sua aplicação. Foram realizadas análises laboratoriais caracterizando o tipo de particulado e condições mecânicas de mangas de poliéster de 550 g/m<sup>2</sup>. Em função dos resultados obtidos e pesquisas de mercado realizadas, com quatro alternativas indicadas, foi proposta alteração do tipo de elemento filtrante a ser utilizado para mangas de poliéster de 600 g/m<sup>2</sup> com microfibras e tratamento antiaderente, portanto, aumento de gramatura para elevar a eficiência de retenção, aumento de vida útil das mangas e melhoria global no filtro de mangas.

**Palavras-chave:** Filtração; Filtro de Mangas; Microfibra.

## FILTERING SLEEVE PROJECT WITH MICROFIBERS FOR FILTERING FINE FOUNDRY PARTICULATES

### ABSTRACT

This work aimed to evaluate the efficiency of polyester filter elements in a sleeve filter applied in the foundry industry, showing how well-dimensioned equipment can provide efficiency gains, obtaining positive results regarding its application. Laboratory analyzes were performed characterizing the type of particulate and mechanical conditions of polyester sleeves of 550 g / m<sup>2</sup>. Due to the results obtained and the market research carried out, with four alternatives indicated, it was proposed to change the type of filter element to be used for 600 g / m<sup>2</sup> polyester sleeves with microfibras and non-stick treatment, therefore, increasing the weight to increase the retention efficiency, increased sleeve life and overall improvement in the bag filter.

**Keywords:** Filtration; Bag Filter; Microfiber.

### 1. INTRODUÇÃO

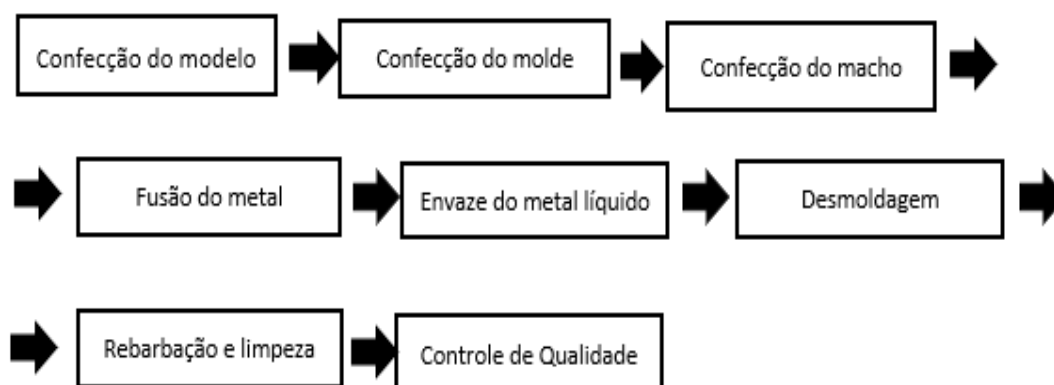
Os filtros de mangas possuem uma alta eficiência na retenção das partículas, de até 99,99%, abrangendo uma ampla faixa granulométrica (LORA,2002), sendo utilizados em grande escala em indústrias de fundição. Segundo a Associação Brasileira de Fundição (ABIFA), a produção por meio de fundição obteve um crescimento correspondente à faixa que varia de 12% a 15%, fazendo com que o volume de negócios obtivesse um incremento de 28% a 30%. o Brasil é um dos 10 maiores mercados de fundição do mundo, com uma capacidade de produção que gira em torno de 4 milhões de toneladas anuais. Além disso, o Brasil possui 1167 empresas no ramo, sendo que 40% delas atuam com fundição de ferro, 21% alumínio e 14% com aço. As demais empresas correspondentes aos 25% restantes, atuam com a fundição de metais não ferrosos, cobre, zinco e magnésio.

Fundição é o processo de fabricação de peças metálicas, tendo como princípio, o enchimento com metal líquido de uma cavidade de um molde com formato e dimensões correspondentes ao da peça a ser fabricada. O processo de fundição permite obter peças que vão de pequenas às grandes dimensões, desde geometrias simples até as mais complexas, tornando essa a principal vantagem em relação aos demais processos. Contudo, existem desvantagens como a microporosidade,

tensões residuais e variações no tamanho de grão quando se tratando de aço fundido, ocasionando menor resistência e ductilidade ao material.

Apesar da existência de várias variantes, a fundição se demonstra um processo simples e que pode ser ilustrada no fluxograma, figura 1, considerando uma fundição por gravidade em areia.

**Figura 1.** Etapas do processo de fundição (CEFETSC, 2007).



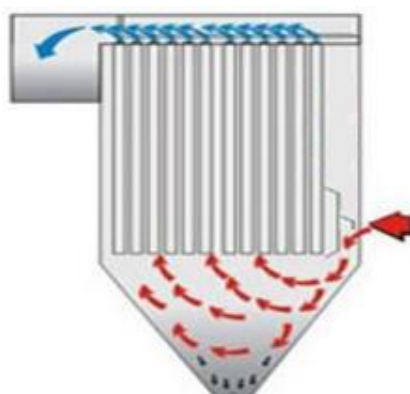
O processo fabril de peças metálicas por fundição gera muitos compostos voláteis como dióxido de enxofre e ferro, além de grande quantidade de particulados que se não houver um controle, são emitidos para atmosfera, provocando efeitos adversos à saúde humana, como por exemplo, doenças respiratórias e cardiovasculares (DE SOUZA et al., 2010). Portanto, medidas como o monitoramento, avaliação técnica dos sistemas de exaustões e uma avaliação criteriosa de elementos filtrantes tornam-se necessários para avaliar a efetividade tanto dos projetos de engenharia quanto dos procedimentos operacionais (FAZENDA, 2005).

### 1.1 Filtro de Mangas

O filtro de manga consiste em um equipamento composto por um exaustor e dutos, formam um sistema que tem por objetivo a retirada do ar contaminado oriundo de processos poluidores e realizar a separação de material particulado dos gases por meio de mangas em tecidos apropriados para a filtração, obtendo-se ao final um processo não poluente (OASIS INDUSTRIAL, 2019). As mangas possuem um sistema de fixação do tipo aço-mola, sendo montadas sobre gaiolas que evitam o colapso das mesmas. A remoção das mangas ocorre através de portas de acesso existentes no topo do equipamento (MACINTYRE, 2013).

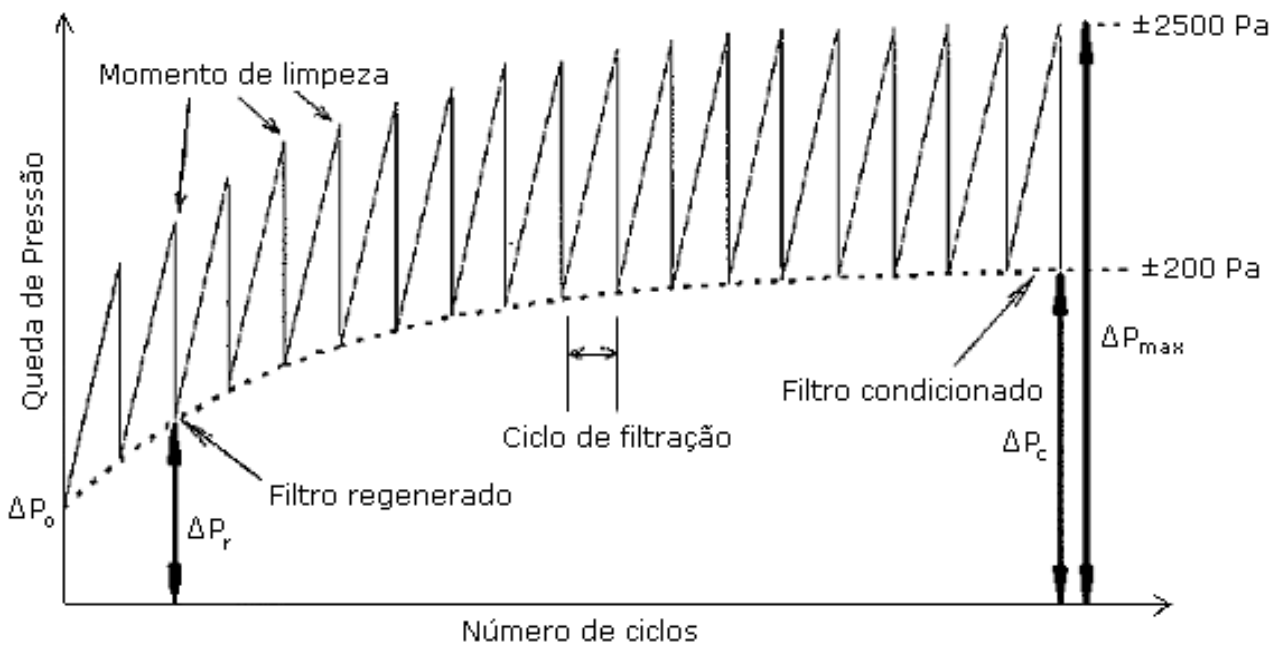
O processo de filtração ocorre por meio da passagem da mistura gasosa contendo materiais particulados, através do elemento filtrante, formando uma camada de pó, geralmente chamada de torta de filtração, ficando retida na superfície das mangas filtrantes (MACINTYRE, 2013). A limpeza de mangas é realizada por jato pulsante, sistema de limpeza automático, com jatos de ar comprimido em contracorrente, promovendo uma inversão momentânea do sentido do fluxo de ar nas mangas, removendo o particulado depositado sobre o meio filtrante (BATISTONI, 2011). Em geral, os filtros de mangas são dispostos em baterias ou conjuntos, objetivando dessa forma obter uma ideal área de filtração, conforme figura 2.

**Figura 2.** Filtro de Manga (MACINTYRE, 2013).



Segundo Ceron (2012), a perda de carga em filtro de mangas apresenta um comportamento não linear em função do tempo, devido a compressibilidade da torta. Contudo, a pressão máxima de operação tende a ter um comportamento linear após a formação da torta, podendo variar entre 50 a 250 mmca, conforme mostra a figura 3.

**Figura 3.** Perda de carga e ciclos de limpeza (CERON,2012).



A saturação das mangas ocorre quando há a redução da permeabilidade, ficando aproximadamente em 30% do valor original do material limpo (CERON,2013). Após esse período, é indicada a troca do elemento filtrante, afim de normalização do processo. Para um cálculo correto de tempo de troca dos meios filtrantes, torna-se necessário o conhecimento de vida útil e durabilidade do elemento filtrante. Vida útil corresponde ao tempo de uso econômico da manga atendendo todas as exigências sobre o controle de emissão de poluentes para atmosfera. Uma vez que, após este tempo, a baixa captação (resultante da alta perda de carga devido ao entupimento da manga) e a alta emissão (ou desperdício de matéria-prima por emissão na chaminé no caso dos filtros de processo), resultam em um custo mais elevado que o custo da troca das mangas.

## 1.2 Elementos Filtrantes

A escolha do meio filtrante depende de alguns fatores cruciais como as características físico-químicas do gás e partículas a serem filtradas, sistema de limpeza, custo e disponibilidade no mercado (SANTINI, 2011). Um elevado teor de umidade em um filtro de manga, pode ocasionar um ataque químico do elemento filtrante por hidrólise, que corresponde à um processo químico que envolve a quebra de uma molécula em presença de água, tornando o material mais suscetível à baixa resistência mecânica e assim, aumentando as chances de ocorrências de rasgos e furos do tecido da manga (CERON, 2013). O quadro 1 mostra alguns tipos de materiais aplicados para filtração de particulados.

**Quadro 1.** Materiais filtrantes e Características de uso.

Material da Manga	Resistência					Temperatura Máx. Operação (°C)	
	Tração	Abrasão	Ácidos	Álcalis	Hidrólise	Contínuo	Picos
Polipropileno	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	90	95
Copolímero Acrílico	Médio	Fraco	Bom	Fraco	Bom	110	120
Homopolímero Acrílico	Bom	Bom	Muito Bom	Fraco	Bom	130	140
Poliéster	Excelente	Excelente	Fraco	Fraco	Fraco	135	150
Polifenilsulfeto	Bom	Excelente	Excelente	Muito Bom	Excelente	190	200
Nomex	Muito Bom	Excelente	Fraco	Bom	Fraco	200	220
Poliimida	Muito Bom	Excelente	Muito Bom	Fraco	Médio	240	250
Teflon	Médio	Fraco	Excelente	Excelente	Excelente	260	280
Fibra de Vidro	Excelente	Fraco	Excelente	Excelente	Excelente	260	280

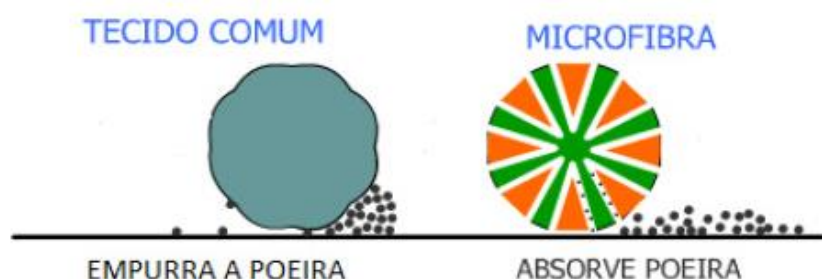
Os polímeros apresentam comportamento intermediário entre o de um sólido elástico, hookeano e de um líquido viscoso Newtoniano. Para mangas filtrantes de não tecidos, é recomendado seu uso até perder cerca de 50% da resistência mecânica de tração e alongamento, durante aplicação na

filtração de particulados, após é previsível ocorrer rasgos e furos, sendo necessário a troca do filtro (CERON; EINLOFT; LIGABUE; 2012).

### 1.2.1 Microfibras

Os não tecidos podem ser classificados conforme as características das fibras que compõem o elemento filtrante: fibras ou microfibras. As microfibras consistem em tecidos de alta qualidade compostos com fios 100 vezes mais finos que um cabelo humano, o que significa que 9.000 metros de fio, terão o peso equivalente de 1 grama. São compostas por filamentos de não tecidos extremamente finos na ordem de 1 dtex proporcionando um aumento da área superficial e a redução dos espaços entre as fibras e que devido a esse fator, seu uso para a filtração no meio industrial tem crescido ao longo dos anos (BRESSAN et al., 2018). A figura 4 mostra um tecido comum e microfibras em relação ao contato com particulados.

Figura 4. Tecido comum x Microfibras (MF MICROFIBRA,2019).

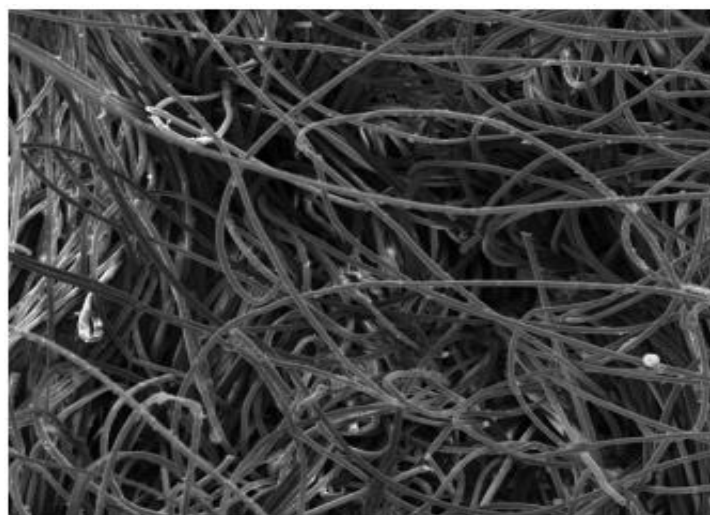


### 1.2.2 Fibras de Poliéster

As fibras de poliéster destacam-se devido a sua elevada estabilidade dimensional, elasticidade, boa resistência ao desgaste e ruptura. Segundo (SILVEIRA,2014), as fibras de poliéster possuem alta resistência ao ataque de agentes químicos e sintéticos, além de serem resistentes às influências de luz e condições climáticas. A versatilidade da fibra de poliéster a torna o tipo de polímero mais utilizado nas indústrias, estando presentes nas fibras têxteis, não tecidos, polímeros de alta performance, plásticos de engenharia, etc. (SKEIST,1990).

Em (MORONI et al.,2005), afirma-se que o não tecido consiste em uma estrutura plana, sem a existência de entrelaço entre as fibras, conforme mostrado na figura 5.

Figura 5. Estrutura de um não tecido (CERON,2019).



### 1.3 Membrana PTFE Expandida

A utilização de membranas em filtrações industriais tem sido alvo contínuo de estudos, a fim de se obter uma maior eficiência na retenção de particulados, visto que, sua aplicação está vinculada a diversos processos como no processamento de cimento, carvão, detergente em pó e outros mercados (CERON, 2016).

A membrana de PTFE consiste em uma camada fina de politetrafluoretileno formada através de um processo de laminação em não tecidos. É um material altamente resistente à oxidação e ao processo de hidrólise, possui alta resistência à ácidos e bases, sendo um material indicado para trabalho com altas temperaturas, atendendo a faixa de 200°C à 315°C. Conforme (CERON, 2016), a membrana de PTFE expandida permite uma filtração tangencial de alta qualidade na superfície de não tecidos, retendo principalmente particulados de granulometria pequena, evitando assim o aumento gradual da resistência causada pelo acúmulo de torta e consequentemente, o aumento do diferencial de pressão no equipamento como em tecidos não convencionais.

A utilização de membranas de PTFE geralmente é indicada para processos que tenham relação ar-pano de até 1,0 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.min, devido ao teflon possuir alta fragilidade à abrasão (CERON, 2013).

### 1.4 Tratamento Antiaderente

A presença de umidade combinada com o pó do particulado originado pelos processos resulta em sua aglomeração sobre a superfície do elemento filtrante, ocasionando uma obstrução da passagem de ar devido à resistência adicional causada pela torta de filtração. Dispor de uma baixa passagem de ar, significa possuir uma baixa captação de pó e que apresentará uma elevada perda de carga. Além disso, excesso de umidade pode ocasionar em ataque químico do elemento filtrante por hidrólise, independentemente se a umidade estiver na forma gasosa ou líquida (CERON, 2013).

O tratamento consiste na impermeabilização da manga filtrante com resinas especiais à base de Politetrafluoretileno (Teflon), formando uma película antiaderente que envolve todas as fibras do não tecido da manga e que desta forma, repelem pós-aglomerantes, úmidos ou gordurosos. As resinas são incorporadas aos tecidos filtrantes por meio de imersão da manta em banho e que posteriormente, passam pelo processo de polimerização em secadoras para a realização da ancoragem (CERON, 2011).

## 2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é propor uma avaliação da eficiência de elementos filtrantes de poliéster utilizados em um filtro de manga existente em indústrias de fundição, através de análises laboratoriais, propondo novas especificações técnicas e buscando melhorar a eficiência da ventilação industrial aplicada para este ramo.

## 3. METODOLOGIA

Os testes foram realizados em laboratórios na Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS).

### 3.1 Materiais

As mangas filtrantes utilizadas em análise são de não tecidos de poliéster com 550 g/m<sup>2</sup> pertencentes à uma indústria de fundição. As informações referentes aos tecidos filtrantes utilizados são relatadas no quadro 2.

**Quadro 2.** Dados do elemento filtrante fornecido.

Filtro de mangas	Dados
Vazão	27.000 m <sup>3</sup> /h

Temperatura	130°C
Dimensional das mangas	160 x 3.000 mm
Número de mangas	150
Área filtrante total	226,2 m <sup>2</sup>
Material das mangas	Não tecido de poliéster 550 g/m <sup>2</sup>
Tempo de uso das mangas	6 meses

O quadro 3 indica os quatro tipos de não tecidos de elementos filtrantes avaliados como prospecção neste presente trabalho, contendo os seus respectivos custos unitários e para aquisição de 150 mangas. Os custos foram obtidos pela consulta com vários fornecedores, portanto, é um custo médio de mercado.

**Quadro 3.** Elementos filtrantes e seus respectivos custos avaliados.

<b>Tipo de elemento filtrante</b>	<b>Custo Unitário (R\$)</b>	<b>Custo 150 mangas (R\$)</b>
Fibra poliéster, 550 g/m <sup>2</sup>	41,20	6.180,00
Fibra poliéster, 600 g/m <sup>2</sup>	44,90	6.735,00
Microfibra poliéster, 600 g/m <sup>2</sup> , antiaderente	56,10	8.415,00
Fibra poliéster, 550 g/m <sup>2</sup> , Membrana PTFE	76,20	11.430,00

### 3.2 Gramatura e Espessura

O teste de gramatura (g/m<sup>2</sup>) foi realizado em uma balança analítica, conforme a norma NBR 12984:2009 – determinação de massa por unidade de área em não tecidos. Realizou-se o teste de espessura (mm) em um Medidor de Espessura, estando de acordo com a norma NBR 13371:2005 referente à determinação de espessura em não tecido. Ambos, possuem o objetivo de avaliar as condições do elemento filtrante limpo e após o uso.

### 3.3 Teste Granulométrico

O material particulado oriundo de processos de fundição foi fornecido pela indústria de fundição, sendo a caracterização realizada em equipamento Malvern Mastersizer Microplus MAF 5001. Foi realizado conforme norma ABNT NM 248, sendo utilizadas peneiras especificadas pela norma ABNT NBR ISO 3310-1:2010.

### 3.4 Ensaio de Permeabilidade

O ensaio de permeabilidade segue padrões definidos pela norma NBR 13706:1996 - Não tecido - Determinação de permeabilidade ao ar. A determinação da permeabilidade do tecido foi realizada através de um Permeabilímetro Karl Schroeder KG. O resultado da permeabilidade é medido em manômetro pelo fluxo de ar que atravessa o não tecido em L/min.dm<sup>2</sup>. A permeabilidade foi avaliada de três formas que se diferem: na condição de manga limpa (sem uso), condição de manga suja (sem batimentos de limpeza, caracterizando a manga na forma coletada) e na condição de manga com simulações de batimentos de limpeza, tendo como objetivo esse, a verificação de regeneração do tecido filtrante.

### 3.5 Resistência à Tração e Alongamento

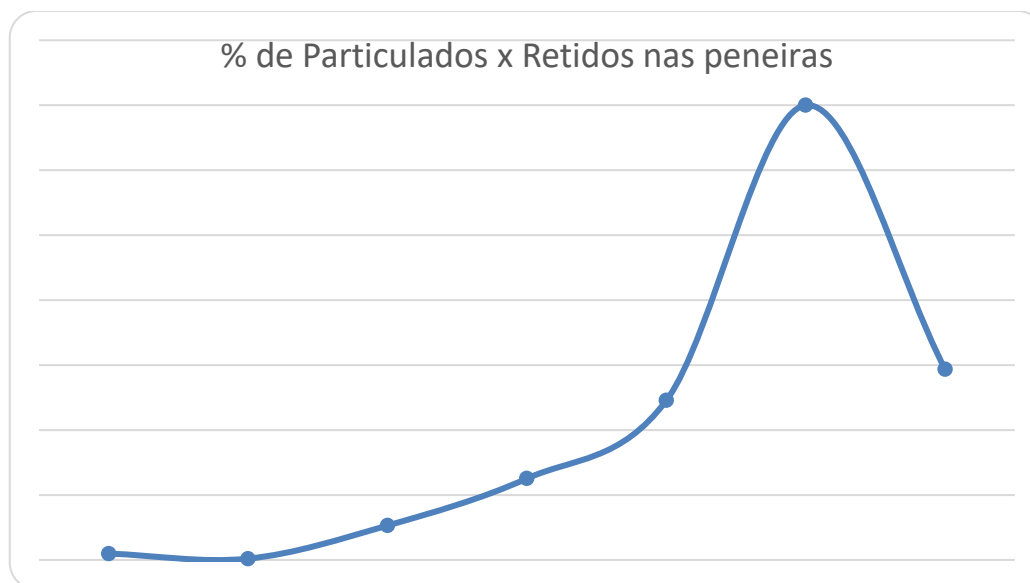
Os ensaios mecânicos de tensão em materiais não tecidos estão de acordo com às normas NBR 13041:1993 - Não tecido - Determinação da resistência à tração e alongamento, sendo realizados com o elemento filtrante disposto em sentido longitudinal, através de máquina universal de ensaio - Dinamômetro, com uma velocidade de afastamento vertical constante das garras de 100 mm/min, utilizando uma célula de carga de 10 kN até o rompimento do corpo de prova.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Teste Granulométrico

O resultado da análise granulométrica é demonstrado através da figura 6 com os percentuais de particulados retidos em cada peneira, conforme dado as aberturas de cada malha.

**Figura 6.** Análise de granulometria dos particulados.



Através do gráfico observamos que o particulado se encontra retido em uma faixa de 6,27% a 35% correspondendo respectivamente, as peneiras de 355  $\mu\text{m}$  a 106  $\mu\text{m}$ , caracterizando o particulado como fino. Existe ainda uma parcela que ficou retida no recipiente de fundo, correspondendo a 15%.

### 4.2 Manga Filtrante

Os resultados laboratoriais das análises de gramatura, permeabilidade, resistência à tração e alongamento, espessura e permeabilidade são representados no quadro 4.

**Quadro 4.** Resultados das Análises Laboratoriais nos elementos filtrantes.

Análise	Manga	Topo	Fundo	Padrão
Gramatura (g/m <sup>2</sup> )	Lavada e seca	561	579	550 (552-632)
	Suja	782	829	550 (522-632)
	Limpa por simulação	685	711	550 (522-632)
Espessura (mm)	Suja	1,9	1,9	1,9 (1,7-2,1)
Permeabilidade (L/min.dm <sup>2</sup> )	Suja	15	12	150 (50-180)
	Limpa por simulação	24	18	150 (50-180)
Tração (daN/cm) Manga suja	TRANSVERSAL	Padrão	LONGITUDINAL	Padrão
	55	140 (70-161)	81	180 (90-207)
Alongamento (%)	14	19	13	21

Manga suja		(10-24)		(11-26)
------------	--	---------	--	---------

A permeabilidade do elemento filtrante sujo encontra-se muito baixa, cerca de 12 L/min.dm<sup>2</sup> no fundo e 15 L/min.dm<sup>2</sup> no topo, o mesmo se verifica na situação após batimentos no tecido 18 L/min.dm<sup>2</sup> e 24 L/min.dm<sup>2</sup> respectivamente, simulando o sistema de limpeza, não havendo regeneração. Conforme recomendações técnicas, a vazão mínima para trabalho é de cerca 30% do valor da manga limpa correspondendo a um limite mínimo de 50 L/min.dm<sup>2</sup>, condição essa que não se constatou e que evidenciou uma saturação interna completa do elemento filtrante.

Nesse contexto, a vazão de ar pelo material torna-se resistiva mesmo que durante o processo de filtração a perda de carga seja menor, em função do pequeno espaço nos poros internos do material. A saturação interna dos elementos filtrantes explica-se através da grande quantidade de material particulado depositado com cerca de 829 g/m<sup>2</sup> em uma manga filtrante com 1,9 mm de espessura e que após a simulação de limpeza, alterou para 711 g/m<sup>2</sup>, o que ainda se considera um valor alto ocorrendo dessa forma, a passagem de pó fino, principalmente no topo com presença de manchas de umidade, indicando a necessidade da realização de tratamento impermeabilizante antiaderente. As análises de tração e alongamento mostram que o material em que o elemento filtrante é confeccionado apresenta baixa resistência mecânica à esforços de tração, estando abaixo de 50% em relação ao padrão indicado, caracterizando uma não realização plena do movimento de expansão na limpeza interna por jato pulsante de ar comprimido e retração durante o processo de filtração normal. A resistência do material neste contexto, é um fator de suma importância, pois não tecidos em boas condições possuem alta resistência à flexão, podendo atingir números entre 120.000 e 150.000 ciclos de limpeza de ar.

A partir dos dados fornecidos sobre as mangas filtrantes, pôde-se calcular a velocidade de filtração conforme a equação 1, determinando desta forma, a relação ar-pano existente no processo, resultando em uma velocidade de 1,98 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.min.

## 5. CONCLUSÃO

A análise granulométrica caracterizou o material particulado com elevado percentual de fino, o que torna a especificação de mangas com 550 g/m<sup>2</sup> incorreta, existindo a necessidade de elevar a gramatura do material não tecido para 600 g/m<sup>2</sup>, visto o acúmulo excessivo de particulados, reduzindo a vida útil do filtro.

Outra alternativa de especificação técnica, seria utilizar mangas de 550 g/m<sup>2</sup> com Membrana PTFE, filtração de superfície, sendo justificada para particulados finos e baixas relações ar-pano, de até 1,0 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.min, porém, a mesma fica descartada pelo motivo da má retenção de particulados identificada e pela alta relação ar-pano obtida de 1,98 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.min, além do alto custo de investimento, sendo necessários R\$ 11.430,00 para a aquisição de 150 mangas. Neste sentido, haveria a necessidade de um novo projeto no espelho do filtro, com maior número de mangas ou diminuir a vazão do filtro de mangas.

Os ensaios mecânicos (espessura, gramatura, permeabilidade, tração e alongamento) nas condições de manga limpa, suja e com simulação de batimentos, caracterizaram mangas irreversivelmente saturadas, devido a presença de deposição de particulados finos e carregados de umidade. A alternativa técnica para aplicação de captura de partículas finas neste caso, é a utilização de mangas com microfibras de poliéster 600 g/m<sup>2</sup> e tratamento antiaderente. A microfibras no material filtrante proporciona alta eficiência de retenção de particulados, possuindo tratamento antiaderente com repelência para pós úmidos, oleosos e gordurosos constituído por polimerização com Politetrafluoretileno.

O tratamento antiaderente adéqua para a situação proposta, já que há a existência de umidade presente na captação de particulados, evitando a deposição excessiva no interior do material

filtrante e formando antecipadamente a torta de filtração, reduzindo a perda de carga residual do equipamento.

Financeiramente, as mangas de microfibras com antiaderente possuem um maior custo quando comparadas às mangas de poliéster, representando um aumento de 36% do investimento. Contudo, a aplicação de mangas com microfibras torna-se viável, devido as melhores propriedades mecânicas, possibilitando um aumento expressivo na vida útil do não tecido filtrante, na capacidade de retenção de particulados e conseqüentemente, aumento da eficiência global do equipamento.

O presente estudo surgiu da crescente necessidade prática do controle ambiental, sendo cada vez mais exigido pela legislação vigente, estando em pauta no dia-a-dia das indústrias. O uso de não tecidos compostos de microfibra, representam uma alternativa extremamente viável tecnicamente e financeiramente para a filtração de particulados de pó finos, representando um aumento significativo de eficiência do filtro de mangas aplicado em uma indústria de fundição de materiais metálicos.

## 1. REFERÊNCIAS

ABIFA. **Mercado de fundição**. Disponível em: <<http://www.abifa.org.br/fenaf-2017-release/>>. Acesso em: 25 de agosto de 2019.

BATISTONI, Celésio. **Padronização e Desenvolvimento de Filtro de Mangas**. Pato Branco-PR: 2011. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Tecnologia em Manutenção Industrial. Defesa do Trabalho de Diplomação. Disponível em: <[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/230/1/PB\\_COMIN\\_2011\\_1\\_03.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/230/1/PB_COMIN_2011_1_03.pdf)>. Acesso em 08 de julho de 2019.

BRESSAN, H, S. et al. **Influência do uso de microfibras nas propriedades físicas e mecânicas de não tecidos de poliéster aplicados para o controle de emissão de particulados**. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

CERON, L.P. **Alta Eficiência na filtração tangencial de particulados de carvão em filtros de mangas**. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, p. 8, 2016.

CERON, L.P. **Alta performance de filtração dos particulados de cimento com uso de microfibras em não tecidos de poliéster**. Brazilian Journal of Animal and Environmental Research, p. 878-888, 2019.

CERON, L. P.; EINLOFT, S. M. O.; LIGABUE, R. A. **Filtração de particulados em não tecidos de poliéster com e sem tratamento de teflon**. Química Têxtil, v.108, p.75-78, 2012.

CERON, L. P. **Filtração tangencial de particulados em membrana**. Meio Filtrante v.57, p.44-48, 2013.

CERON, L. P.; KENES, F. R.; TOMAZZONI, F. **Tratamento antiaderente em não tecidos**. Meio Filtrante v.50, p.30-33, 2011.

CEFETSC, **Processos de fabricação-fundição**, 2007. Disponível em: <<http://www.norbertocefetsc.com.br>>. Acesso em: 26 de agosto de 2019.

DE SOUZA, P. A., DE MELLO, W.Z., MARIANI, R.L., SELLA, S.M. **Caracterização do material particulado fino e grosso e composição da fração inorgânica solúvel em água em São José dos Campos (SP)**, QuímicaNova, v. 33, n.6, p.1247-1253, 2010.

FAZENDA, J., 2005. **Tintas & Vernizes – Ciência e Tecnologia**. 3.ed. São Paulo, 2005. 1044 p.

GRUPO AIRSLAID. **Gaiola para Manga Filtrante**. Disponível em: <<https://www.grupoairslaid.com.br>>. Acesso em: 07 de agosto de 2019.

LORA, E. E. S. **Prevenção e controle da poluição nos setores energéticos, industrial e de transporte/Electo** Eduardo Silva Lora. 2.ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2002.

MACINTYRE, A.H. **Ventilação industrial e controle da poluição**. 2ª edição, editora LTC, Rio de Janeiro, 2013.

MF MICROFIBRA. **Como definir o tecido de microfibra**.

Disponível em: <<http://www.mfmicrofibra.com.br/microfibra>>. Acesso em: 27 de agosto de 2019.

OASIS INDUSTRIAL. **Filtro de manga**,2019.Disponível em:<[www.oasisindustrial.com.br/Filtro-de-Mangas](http://www.oasisindustrial.com.br/Filtro-de-Mangas)>. Acesso em: 09 de junho de 2019.

SANTINI, J., 2011, **Filtro de mangas para o controle de emissões atmosféricas de material particulado gerados no beneficiamento de mármore**. Obtenção do título de Engenheiro Ambiental, Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Faculdade de Engenharia Ambiental, Universidade de Passo Fundo, UPF, 2011.

SILVEIRA, S. **Manual de Matérias Primas Têxteis**. Centro de Formação Profissional para Indústria de Lanifícios. 2014. 104 p.

SKEIST, I. **Handbook of adhesives**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1990, p. 478- 498.