

**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

CARLOS EDUARDO DA SILVA RAMOS

JOÃO PEDRO GONÇALVES GUARIZI

MATHEUS DE M. P. O. MACHADO

VINÍCIUS DE CARVALHO COSTA

**ANÁLISE DE SISTEMA DE EXAUSTÃO PARA FUMOS DE SOLDAGEM
DE UMA MÁQUINA DE ASPERSÃO TÉRMICA**

**VOLTA REDONDA
2018**

**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**ANÁLISE DE SISTEMA DE EXAUSTÃO PARA FUMOS DE SOLDAGEM
DE UMA MÁQUINA DE ASPERSÃO TÉRMICA**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Mecânica do UniFOA como requisito à obtenção do título de bacharel em Engenharia Mecânica.

Alunos:

Carlos Eduardo da Silva Ramos

João Pedro Gonçalves Guarizi

Matheus de M. P. O. Machado

Vinícius de Carvalho Costa

Orientador:

Prof.:Dr. Alexandre Fernandes Habibe

**VOLTA REDONDA
2018**

FOLHA DE APROVAÇÃO

Carlos Eduardo da Silva Ramos

João Pedro Gonçalves Guarizi

Matheus de M. P. O. Machado

Vinícius de Carvalho Costa

ANÁLISE DE SISTEMA DE EXAUSTÃO PARA FUMOS DE SOLDAGEM DE UMA MÁQUINA DE ASPERSÃO TÉRMICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora como requisito parcial para obtenção do Bacharelado em Engenharia Mecânica no Centro Universitário de Volta Redonda – UniFOA, defendido e aprovado em 17 de Novembro de 2018 pela banca examinadora constituída por:

Prof. Dr. Alexandre Fernandes Habibe.

Orientador

Prof. Dr. Alexandre Alvarenga Palmeira.

Membro

Prof. Esp. Antônio de Pádua Sobreira Leal.

Este trabalho é dedicado primeiramente a DEUS por mais este sonho realizado.

Dedicamos ainda a todos aqueles que de certa forma nos ajudaram ao longo de toda a nossa caminhada.

Aos nossos pais, familiares, amigos, professores e todos aqueles que torceram por nós.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Deus por nos dar saúde e nos permitir alcançar mais esse objetivo em nossas vidas.

Agradecemos também aos nossos familiares, pela compreensão, paciência, apoio e confiança passada nos momentos difíceis.

A todos os quais de forma direta, ou indireta fizeram parte de nossa caminhada

RESUMO

Grande parte dos processos de soldagem executados dentro da indústria inclusive o de Aspersão Térmica que será avaliado neste trabalho, dispersam no ar ambiente produtos nocivos ao bem-estar dos operários, seja na forma de vapores, gases, névoas, poeiras e fumos. Esses agentes contaminantes ficam suspensos no ar e se forem aspirados pelo pulmão do ser humano podem acarretar sérios problemas. Os riscos de poluição nesses ambientes podem ser controlados e minimizados com o uso de um sistema denominado Ventilação Local Exaustora. Este funciona basicamente fazendo uma captura das substâncias mais próximo da fonte, evitando que os colaboradores a inalem. O caso analisado neste trabalho visa à melhoria da eficiência de um sistema de exaustão já existente em uma empresa, através da confecção e instalação de um captor local com transição, assim como melhorias no plano de manutenção do equipamento. Sendo utilizado para tal, ferramentas como simulação em software, literaturas específicas na área de ventilação e ensaios reais comparativos objetivando de forma visual e quantitativa a diferença entre a situação encontrada e a solução proposta. Diante de todos esses métodos foi possível visualizar o aumento da velocidade de captura em relação ao projeto existente, conseqüentemente a maior eficiência na exaustão dos fumos gerados. Conclui-se que a partir dessa análise, mediante a tudo que foi avaliado e desenvolvido, a atmosfera de trabalho teve uma melhora significativa para os colaboradores da empresa, entregando também assim uma fonte de pesquisa para futuros projetos.

Palavras-chave: Ventilação, Aspersão, Eficiência.

ABSTRACT

A large part of the welding processes carried out in the industry, including the Thermal Sprinkler which will be evaluated in this work, scatter through the environment air products harmful to the workers' well-being, in the steam form, of vapors, gas, mists, dust and fumes. These contaminants are suspended in the air and if they are aspirated by the human lung can cause serious problems. The risks of pollution in these environments can be controlled and minimized by the use of a system called Local Exhaust Ventilation. This basically works by capturing the substances closest to the source, preventing employees from inhaling it. The case analyzed in this work aims to improve the efficiency of an existing exhaust system in a company, through the preparation and installation of a local captor with transition, as well as improvements in the maintenance plan of the equipment. It is used for such purpose, tools for as simulation in software, specific literature in the field of ventilation and real comparative tests aiming visually and quantitatively the difference between the situation found and the proposed solution. In view of all these methods it was possible to visualize the increase of the capture speed in relation to the existing project, consequently the greater efficiency in the exhaust fumes generated. It is concluded that from this analysis, through everything that was evaluated and developed, the work atmosphere had a significant improvement for the company's employees, thus also providing a research source for future projects.

Keywords: Ventilation, Sprinkling, Efficiency.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
1.1	Objetivo	16
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1	Processo de Aspersão	17
2.2	Sistemas de Ventilação	19
2.3	Ventilação Local Exaustora (VLE)	20
2.4	Fundamentos da Mecânica dos Fluidos Aplicados na Ventilação Industrial ...	33
2.5	Saúde e Segurança do Trabalho.....	37
2.6	EPI'S	46
3	METODOLOGIA.....	50
3.1	Situação Encontrada	51
3.2	Determinação das Premissas e Objetivos.....	51
3.3	Modelagem Física	51
3.4	Modelagem Matemática	52
3.5	Solução Proposta	52
3.6	Orçamento.....	52
4	ESTUDO DE CASO.....	53
4.1	Situação Encontrada	53
4.2	Determinações das Premissas e Objetivos	59
4.3	Modelagem Física	59
4.4	Modelagem Matemática	60
4.5	Solução Proposta	79
4.6	Orçamento.....	84
5	CONCLUSÃO.....	92
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Componentes da máquina de aspersão térmica.....	18
Figura 2: Funcionamento da máquina de aspersão térmica	19
Figura 3: Sistema de ventilação local exaustora	21
Figura 4: Capela para exaustão de fumos/gases	23
Figura 5: Coifa em inox para exaustão de fumos/gases	23
Figura 6: Captor tipo fenda frontal para exaustão de fumos/gases	24
Figura 7: Captor de esmeril.....	24
Figura 8: Cilíndrico	25
Figura 9: Bocas retangulares largas.....	25
Figura 10: Bico de pato cônico	25
Figura 11: Captor com transição	25
Figura 12: Braço extrator.....	26
Figura 13: Filtros de ar	27
Figura 14: Sistema de jato pulsante (pulse jet)	29
Figura 15: Ventilador centrífugo	30
Figura 16: Ventilador com pás curvadas para trás	31
Figura 17: Variação de tamanho de partículas.....	41
Figura 18: Partículas aglomeradas no sistema respiratório	41
Figura 19: Sistema respiratório e os tamanhos das partículas.....	42
Figura 20: Epi's	47
Figura 21: EPC (extintor de incêndio)	48
Figura 22: EPC (biombos/cortinas)	48
Figura 23: EPC - Sistema de exaustão e filtragem de fumos (em corte).....	49
Figura 24: Fluxograma do roteiro	50
Figura 25: Braços extratores	53
Figura 26: Operador sem referencial de distância para a aspersão	54
Figura 27: Filtro saturado	54
Figura 28: Pó proveniente da limpeza do filtro	55
Figura 29: Plano de manutenção da empresa X	55
Figura 30: Placa de identificação do equipamento.....	56
Figura 31: Plano de manutenção da empresa X	56
Figura 32: Jato de metal de aspersão sendo direcionado sem precisão.....	57

Figura 33: Sistema de exaustão e filtragem de fumos	58
Figura 34: Determinação dos componentes do sistema	59
Figura 35: Especificações técnicas do fabricante.....	60
Figura 36: Vista isométrica do captor	64
Figura 37: Desenho de projeto do sistema.....	72
Figura 38: Vista superior	75
Figura 39: Vista lateral	75
Figura 40: Vista frontal	76
Figura 41: Vista superior	76
Figura 42: Vista Lateral	77
Figura 43: Vista frontal	77
Figura 44: Captor sendo fabricado	79
Figura 45: Captor instalado	80
Figura 46: Captor em funcionamento	80
Figura 47: Filtro após limpeza	81
Figura 48: Horímetro instalado	82
Figura 49: Plano de manutenção da empresa X.....	82
Figura 50: Suporte para pistola	83
Figura 51: Valor de aquisição.....	84
Figura 52: Sistema de materiais.....	85
Figura 53: Sistema de materiais.....	87
Figura 54: Sistema de materiais.....	87
Figura 55: Sistema de materiais.....	88
Figura 56: Desenho do suporte para pistola.....	88
Figura 57: Desenho do suporte para captor.....	89
Figura 58: Sistema de materiais.....	90

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação dos filtros de ar grossos, médios e finos	28
Tabela 2: Classificação dos filtros de ar absolutos.....	28
Tabela 3: Classificação dos ventiladores	32
Tabela 4: Classificação em função da pressão	32
Tabela 5: Valores de rugosidade absoluta	35
Tabela 6: Valores limites máximos para poeiras, fumaças e neblinas tóxicas	44
Tabela 7: Concentrações fatais ao ser humano expressas em ppm.....	46
Tabela 8: Velocidade de captura para operações específicas	62
Tabela 9: Velocidades recomendadas para o ar.....	64
Tabela 10: Pontos de operação	73
Tabela 11: Especificações da chapa utilizada.....	85
Tabela 12: Especificações do horímetro utilizado	90
Tabela 13: Valores da produção	91

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Diagrama de Moody.....	36
Gráfico 2: Perda de carga para 1 metro de duto totalmente esticado	69
Gráfico 3: Perda de carga em curvas de 90°.....	69
Gráfico 4: Perda de carga em curvas de 45°.....	70
Gráfico 5: Gráfico das curvas do sistema/ventilador	74
Gráfico 6: Plotagem em corte (situação encontrada)	78
Gráfico 7: Plotagem em corte (solução proposta)	79

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A - Manual de Instruções FilterMax F97

NOMENCLATURA

$Q_{disp\ min}$ = Vazão disponível mínima

$Q_{disp\ máx}$ = Vazão disponível máxima

Q – Vazão no tubo [m^3/s]

x – Distância do ponto de captação à boca do tubo [m] ($x < 1,5D$)

S – Área da seção do tubo [m^2]

V_c – Velocidade da captura [m/s]

D = diâmetro do tubo

$v_{min.}$ = velocidade de captura mínima

S_c = área do captor

$v_{máx\ duto\ req}$ = velocidade máxima requerida

$v_{mín\ duto\ req}$ = velocidade mínima requerida

$Q_{min\ req}$ = vazão mínima requerida

$v_{máx/mín\ duto}$ = velocidade máxima/mínima no interior do duto

$Q_{disp\ máx}$ = vazão disponível máxima

S_{duto} = área do duto

Δ_p = perda de carga

$v_{máx\ duto}$ = velocidade no interior do duto

g = constante de gravidade

P = Pressão de trabalho

k = Coeficiente de perda de carga

$P_{máx}$ = Pressão estática total do ventilador

1 INTRODUÇÃO

A soldagem é uma das atividades mais importantes dentro das indústrias. Por meio de variadas técnicas é possível obter resultados de qualidade e satisfatórios, sendo indispensáveis para o processo de produção e manutenção das empresas. Apesar de grande importância, a soldagem pode apresentar sérios riscos à saúde dos trabalhadores.

Todos os processos de soldagem geram fumos e gases tóxicos, que em reação com o oxigênio formam substâncias tóxicas de pequenas partículas em suspensão, mais conhecidas como 'pó'. Os contaminantes que são lançados no ar atmosférico se forem inalados pelo ser humano, causam problemas à saúde, doenças como silicose, asma, câncer e intoxicações são originadas por essa inalação.

O sistema de filtragem desses gases deve garantir uma boa qualidade do ar e coletar as partículas dos contaminantes evitando a poluição atmosférica e preservando o meio ambiente e a saúde das pessoas. Conforme a legislação brasileira (Norma NR-9), devem ser incluídos métodos de prevenção, eliminação e redução da emissão dos poluentes.

O sistema de ventilação local exaustora assume uma função importante em todo esse contexto, responsável por garantir a filtragem e qualidade do ar, capturar todo contaminante gerado da soldagem, esse equipamento requer um cuidado especial quanto a sua manutenção e operação.

Nesta análise será verificado a vazão necessária para contenção dos fumos provenientes de um processo de aspersão térmica, fazendo um comparativo com a vazão disponível pelo equipamento em uso, com a intenção de propor melhorias tanto para operação quanto para manutenção.

1.1 Objetivo

Objetivo Geral

Melhorar a qualidade do ar ambiente, aumentar a segurança e garantir a saúde dos colaboradores no âmbito fabril, com o objetivo de eliminar ou reduzir ao máximo os contaminantes e particulados lançados na atmosfera, que são os grandes causadores de danos a saúde humana.

Objetivo Específico

Realizar melhorias no equipamento, verificar a eficiência do sistema de captação dos fumos metálicos, ajustar a vazão do ar de exaustão de forma satisfatória e garantir a confiabilidade do equipamento.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Processo de Aspersão

Na verdade a idéia de se revestir superfícies de peças adicionando material com intuito de protegê-las ou alterar suas propriedades mecânicas não é tão nova assim, em 1882 na Alemanha, já era comum o uso de chumbo fundido derramado sobre um jato de ar arremessado contra chapas metálicas, com o propósito de fabricar acumuladores. Contudo, esse tipo de projeção e outros parecidos, que utilizavam o metal previamente fundido, apresentavam diversas falhas. (Machado, 2007)

Ao suíço M. U. Schoop é geralmente dado à honra de ter sido o pioneiro, em 1911, do atual modelo de Pulverização Térmica, o que permitiu posteriormente o seu emprego na indústria. Realizando ensaios com um pequeno canhão e projéteis de chumbo, Schoop observou que a qualidade da película também estava ligada com a energia cinética da partícula projetada e que existia uma velocidade máxima para a mesma, acima desta, a união não se concretizava, ou era ineficaz. Entretanto, talvez sua maior descoberta tenha sido a comprovação de que sim, é realizável lançar metal pulverizado por meio da chama decorrente de uma tocha e conduzir o mesmo ao estado pastoso (semi-fundido), dessa forma conseguindo um ótimo revestimento. (Machado, 2007)

Haja vista que ao passar dos anos com o avanço de pesquisas relacionadas ao desenvolvimento de novos materiais, foi possível encontrar muito mais do que isso, isto é, o crescimento na resistência à corrosão, ao desgaste, isolamento térmico e elétrico. Hoje em dia em virtude da alta competitividade no mercado industrial, a engenharia necessita de processos como o da aspersão para agregar valor, aumentando assim a vida útil de componentes e eliminando a necessidade de substituição por conta de elevados preços, este processo vem a atender de forma sistemática e lucrativa uma grande gama de eixos, rolos, rodas, rotores entre outros.

Máquina Utilizada:

Eutronic Arc Spray 4



Figura 1: Componentes da máquina de aspersão térmica

Fonte: Catálogo da Arc Spray 4 (Castolin Eutectic)

O conjunto Eutronic Arc Spray 4 (figura 1) é um aparelho de aspersão térmica que possui alta performance em relação a produção, este é dotado de componentes como: Tocha de Aspersão, Gerador, Unidade de Acionamento Elétrico, Alimentador de Arame, Cabos e Conduítes. O método de aspersão Arc Spray é alimentado por 2 arames tubulares ou maciços, esses mesmos são submetidos a energia vinda do gerador formando na tocha um arco voltagem, derretendo os arames com uma temperatura de 5000°C conforme figura 2. A liga derretida é aspergida na peça que é preservada a uma temperatura inferior à 200°C findando divergências e modificações metalúrgicas. A ligação da temperatura alta e velocidade do particulado produz camadas de alta aderência, alta taxa de deposição e alta densidade de depósito. (Catálogo Eutronic Arc Spray 4)

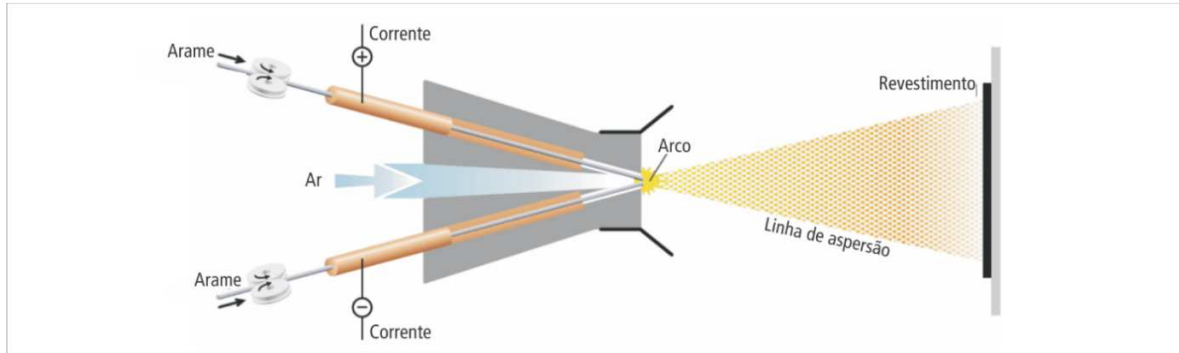


Figura 2: Funcionamento da máquina de aspersão térmica

Fonte: Catálogo geral de Aspersão Térmica (Castolin Eutectic)

2.2 Sistemas de Ventilação

Ventilação natural

A ventilação natural (VN) acontece quando o ar se desloca dentro de um local de trabalho, decorrentes dos ventos exteriores que podem ser controlados por frestas ou aberturas, como, janelas, portas, etc. (Macintyre, 1990)

Ventilação geral

A ventilação geral (VG) é um processo que se dá para manter o controle de um local de trabalho ocupacional. Este método utiliza ventiladores para que se force a movimentação dos ventos nesse ambiente. A mesma também pode ser chamada de ventilação mecânica. (Macintyre, 1990)

Geral para conforto térmico

O calor é um dos fatores que intervém na produtividade. Muitas empresas estão injetando um valor financeiro muito alto para que os ambientes se enquadrem, assim propiciando um conforto e boas condições de saúde fazendo com que essa produtividade cresça. (Macintyre, 1990)

Geral diluidora

Esse processo ocorre quando sopramos ou insuflamos ar em ambientes onde a saúde dos trabalhadores está sujeita a doenças, retirar o ar desse local, ou ambos, com a finalidade de diminuir o acúmulo de poluentes danosos. (Macintyre, 1990)

Local exaustora

Esse processo é quando os poluentes gerados em fontes (vapores, gases, ou gases tóxicos) são coletados antes de se espalharem no ar do local aonde se executa as tarefas.

2.3 Ventilação Local Exaustora (VLE)

A ventilação local exaustora tem por finalidade remover o ar contaminado direto da fonte, onde o poluente danoso à saúde (poeiras tóxicas, vapores, gases) é gerado e enviado para a atmosfera por meio de um sistema exaustor (figura 3), ou tratando o mesmo de maneira apropriada sem que cause problemas ao meio ambiente. (Macintyre, 1990)

Na mesma ideologia, Cruz (2005) esse processo é aquele aonde retiramos os contaminantes mecanicamente no local em que são gerados os mesmos, evitando que se disseminem pelo local de trabalho. Para efetuar a eliminação dos contaminantes de um certo local, a ventilação local exaustora atua restringindo os poluentes nefastos por meio de uma corrente de ar com velocidade propícia (velocidade de captura), desenvolvida através de equipamentos especiais designados como captores.

Para que se conserve um local de trabalho dentro das normas seguras mantendo a saúde do colaborador, é vital que o procedimento de exaustão seja desenvolvido segundo os excelentes princípios da engenharia, zelando os deveres específicos de cada sistema a ser regulado.

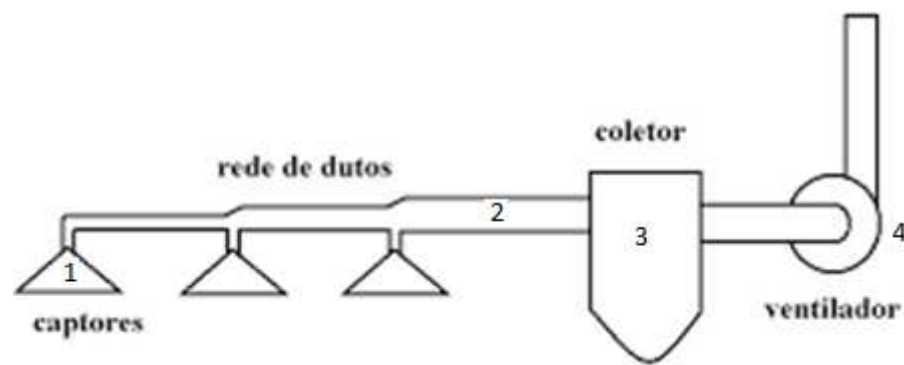


Figura 3: Sistema de ventilação local exaustora

Fonte: Os autores

Uma instalação desse sistema é composta pelas seguintes partes:

- 1– Captores
- 2– Dutos Flexíveis/Braços Extratores
- 3– Ferramentas para filtragem/regulagem de poluição do ar
- 4– Ventiladores

Captores

O captor é um dispositivo que gera um fluxo para a parte interna do mesmo através da diferença das pressões entre o ar ambiente e o já existente no próprio captor. O fluxo no estado gasoso segue pelos dutos até o ventilador.

Então, para que exista velocidade de fluidez, é necessário que no interior do captor tenha uma depressão. Na utilização de captores devemos levar em consideração dois tipos de velocidades, a de fluidez dentro dos dutos e a velocidade onde o ar com as partículas, vapores e gases se deslocam do ponto gerador até a entrada do captor. Deve-se ter atenção com possíveis correntes externas de ar (devido a janelas e portas, por exemplo), pois podem prejudicar o fluxo do contaminante até o captor.

Tipos de captores

Um captor deve exibir boas qualidades, como:

1. envolver o máximo a fonte do contaminante
2. ter a menor seção de abertura possível
3. se beneficiar do deslocamento inicial das partículas ao serem concebidas
4. não impedir o objetivo dos operários
5. ter manutenção e limpeza fáceis

As três primeiras características correspondem pela maior ou menor vazão de ar no sistema, desse modo, são de extrema importância para a diminuição da potência requerida pelo mesmo.

Os modelos de captores que estão em uso atualmente são:

1. capelas;
2. coifas;
3. fendas;
4. captores de esmeris e politrizes;
5. industriais: do tipo cilíndrico (figura 8), bico de pato cônico (figura 9), bocas retangulares largas (figura 10), com transição (figura 11).

As capelas (figura 4) são um tipo de armário, ficam acima de mesas de laboratórios, geralmente colocadas no centro das salas ou em oposição as paredes, elas tem a entrada de ar na parte inferior do conjunto, são em maior parte de deslocação vertical, são aplicadas em ensaios com formação de gases contaminantes em seu interior.



Figura 4: Capela para exaustão de fumos/gases

Fonte: <http://www.quimis.com.br/equipamentos-laboratorio/imagens/informacoes/capela-exaustao-gases-01.jpg>

As coifas (figura 5) são adotadas para puxar gases de alta temperatura ou vapores gerados por fogões, tanque, fornos, etc. Resumem-se num anteparo de formato cônico ou piramidal, com sentido vertical e afastado do contaminante para não dificultar a operação.



Figura 5: Coifa em inox para exaustão de fumos/gases

Fonte: https://http2.mlstatic.com/coifa-industrial-em-inox-para-seu-comercio-D_NQ_NP_693352-MLB25925820563_082017-F.jpg

As fendas (figura 6) por sua vez são captadores de gases que são lançados por tanques com movimentação do contaminante no sentido vertical. Essas são instaladas próximo a superfície do banho, lateralmente.



Figura 6: Captor tipo fenda frontal para exaustão de fumos/gases

Fonte:

http://www.exhaustfarma.com.br/arquivos/aplicacao/arquivos/2/imagens/Lab_Clinico_02.jpg

Os captosres de politrizes e esmeris (figura 7) são equipamentos envolvendo os rotores desses tipos de máquinas, deixando apenas $\frac{1}{4}$ da circunferência acessível.



Figura 7: Captor de esmeril

Fonte: http://img.directindustry.com/pt/images_di/photo-g/112091-11080890.jpg

A maioria dos captosres por sua vez é feita por câmaras ou campânulas que deixam o equipamento envolvido, deixando apenas uma entrada para a captação do contaminante, por onde infiltra também o ar ambiente. São usadas em inúmeras instalações, como fornalhas, fornos secadores, jatos de areias, soldas, entre outras. Os captosres são projetos específicos para cada categoria de maquinário que serão instalados, de maneira que o equipamento e o colaborador fiquem protegidos contra a saída de poluentes de uma forma geral.

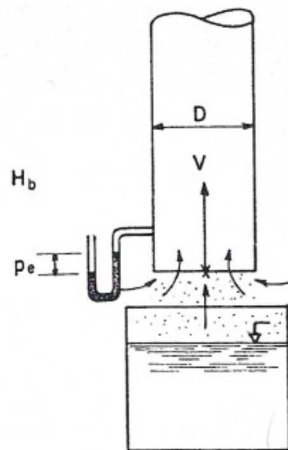


Figura 8: Cilíndrico
 Fonte: Macintyre 2ª edição, 1990

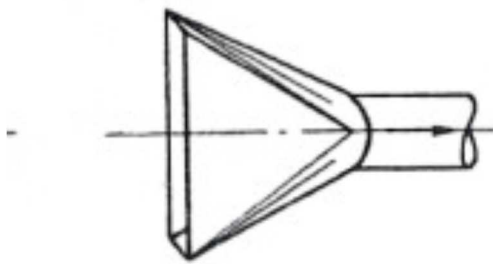


Figura 10: Bico de pato cônico
 Fonte: Macintyre 2ª edição, 1990

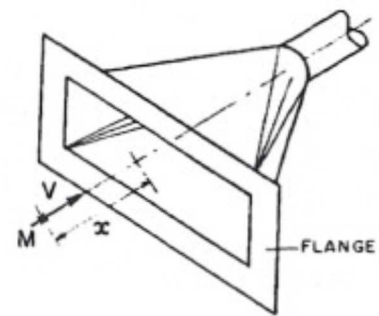


Figura 9: Bocas retangulares
 largas
 Fonte: Macintyre 2ª edição, 1990

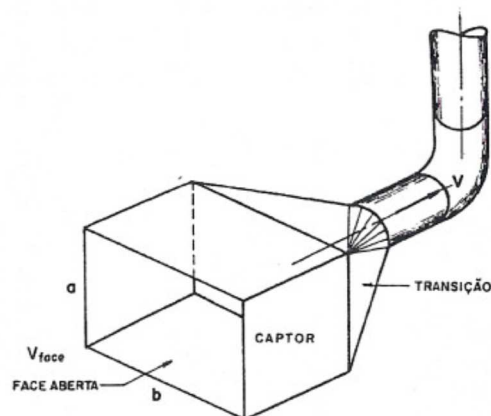


Figura 11: Captor com transição
 Fonte: Macintyre 2ª edição, 1990

Duto flexível/braço extrator de fumos e poeiras

Segundo a norma vigente no Brasil NR 9 (PPRA Programa de Prevenção de Riscos Ambientais), os padrões contra a contaminação ambiental no trabalho precisam seguir uma sequência de hierarquia bem definida conforme abaixo:

1. Medidas que cessem ou diminuam a utilização ou a criação de agentes danosos à saúde;
2. Medidas que evitem a liberação ou a dispersão desses contaminantes no local de trabalho;
3. Medidas que reduzam a liberação ou a dispersão desses contaminantes no local de trabalho.

Em terceiro lugar na escala de hierarquia, estão os planos para reduzir a liberação ou a dispersão desses contaminantes no local de trabalho. Nesse caso são incluídos todos os instrumentos de captação de contaminantes, inclusive o braço extrator (figura 12), estes necessitam estar alocados o mais próximo ao ponto de solda, haja à vista, todas as interferências técnicas existentes em um processo de soldagem por aspersão térmica, esta ação tem por objetivo impedir que os poluentes atinjam à área mais próxima de respiração do soldador. Esta técnica normalmente é chamada de “captação na fonte de emissão”. Na prática, esta é a opção que tem sido mais utilizada, pois pode ser empregada em quase todas as situações de soldagem existentes e tem garantido excelentes resultados em termos de versatilidade, rendimento e durabilidade dos equipamentos empregados. (Macintyre, 1990)



Figura 12: Braço extrator

Fonte: https://www.nederman.com/catalog-images/Product/113/Original/ProductImage_265.jpg

Filtros

Segundo Macintyre (1990), os filtros (figura 13) são componentes que por meio deles é possível reter e captar particulados e névoas que estão no ar e garantir uma boa qualidade. De forma geral os filtros são formados por materiais fibrosos, na maneira de tecidos possuindo seu próprio formato, de placas ou painéis.

Os principais modelos de filtros são:

- Painéis compactados (GEMA, LUWA S/A, e outros)
- Carvão ativado
- Fibras de vidro
- Tecidos de arames de aço, usando mantas



Figura 13: Filtros de ar

Fonte: <http://www.beckins.com.br/assets/images/content/produtos-home-ar.jpg>

Ainda conforme dito por Macintyre (1990), os filtros possuem algumas interações com as partículas, tais como:

- Interceptação direta;
- Impactação inercial;
- Movimento browniano.

Por meio da gravidade ocorre o depósito dessas partículas, e para optar por um filtro é essencial saber os tipos de pós e tamanhos das partículas que serão

empregadas no processo conforme tabela 1 e tabela 2.

Tabela 1: Classificação dos filtros de ar grossos, médios e finos

Tabela de Classificação de Filtros de Ar Grossos, Médios e Finos											
NBR 16401-3:2008		NBR 16101:2012						ANSI / ASHRAE 52.2			
Grupo	Classe	Grupo	Classe	Perda de pressão final (Pa)	Arrestância média (A...) (%)	Eficiência média (E...) para partículas de 0,4µ (%)	Eficiência mínima para partículas de 0,4µ (%)	Classe	Eficiência em função da faixa de partículas		
									MERV	E1 0,3 - 1,0µ	E2 1,0 - 3,0µ	E3 3,0 - 10,0µ
Grossos	G1	Grossos	G1	250	$50 \leq E_g < 65$	...	...	1			< 20 %
	G2		G2	250	$65 \leq E_g < 80$	...	...	2			< 20 %
								3			< 20 %
								4			< 20 %
	G3		G3	250	$80 \leq E_g < 90$	...	...	5			20 - 35%
								6			35 - 50%
								7			50 - 70%
								8			> 70%
								9		< 50%	> 85%
Finos	F5	Médios	M5	450	...	$40 \leq E_f < 60$	...	10		50 - 65%	> 85%
	F6		M6	450	...	$60 \leq E_f < 80$	...	11		65 - 80%	> 85%
								12		> 80%	> 90%
	F7	Finos	F7	450	...	$80 \leq E_f < 90$	35	13	< 75%	> 90%	> 90%
	F8		F8	450	...	$90 \leq E_f < 95$	55	14	75 - 85%	> 90%	> 90%
	F9		F9	450	...	$95 \leq E_f$	70	15	85 - 95%	> 90%	> 90%

Fonte: <http://www.airlinkfiltros.com.br/wp-content/uploads/2018/04/classificacao-de-filtros-filtragem-de-ar.pdf>

Tabela 2: Classificação dos filtros de ar absolutos

Tabelas de Classificação de Filtros de Ar Absoluto								
TIPO	NBR 7256:2005		EN 1822			ANSI / ASHRAE 52.2		
	Classe	Eficiência	Classe	Eficiência Global	Eficiência Local	Classe	Eficiência média em função da faixa de partículas	
				MPPS	MPPS		MERV	E1 0,3 - 1,0µ	E2 1,0 - 3,0µ
HEPA	A-1	85 - 97,90%	E-10	$\geq 85\%$	...	16	> 95%	> 95%
	A-2	98 - 99,97%	E-11	$\geq 95\%$	...	...	...	...
	A-3	> 99,97%	E-12	$\geq 99,5\%$	...	...	...	...
	...	...	H-13	$\geq 99,95\%$	$\geq 97,75\%$	...	...	...
	...	...	H-14	$\geq 99,995\%$	$\geq 99,975\%$	...	...	...
ULPA	...	...	U-15	$\geq 99,9995\%$	$\geq 99,9975\%$	...	...	...
	...	...	U-16	$\geq 99,99995\%$	$\geq 99,99975\%$	...	...	...
	...	...	U-17	$\geq 99,999995\%$	$\geq 99,999975\%$	...	...	...

Fonte: <http://www.airlinkfiltros.com.br/wp-content/uploads/2018/04/classificacao-de-filtros-filtragem-de-ar.pdf>

Sistema de purga

Na maioria das vezes os filtros de ar são estáticos, não possuindo qualquer tipo de limpeza de forma automatizada e são utilizados até o fim da sua vida útil ou saturação, sendo isso medido pela sua perda de carga. Mas nos filtros coletores de pó são necessários sistemas de limpeza de alta performance, ou seja, para manter a eficiência de filtração.

O sistema utilizado no caso é o sistema de jato pulsante (pulse jet) (figura 14), a função desse sistema é manter a perda de carga dentro das condições projetadas para garantir o fluxo necessário. O sistema de jato pulsante cria um contra fluxo de ar no cartucho filtrante removendo os particulados que estão aderidos aos cartuchos. É de extrema importância que a perda de carga do filtro seja mantida dentro das condições projetadas para que a eficiência do sistema de exaustão seja assegurada. Por esse motivo, o sistema de limpeza tem que ser eficiente. O sistema de limpeza com jato pulsante consiste na desobstrução por um pulso de ar comprimido nos meios filtrantes, para que os pós se desprendam do cartucho filtrante e vão para a bandeja.

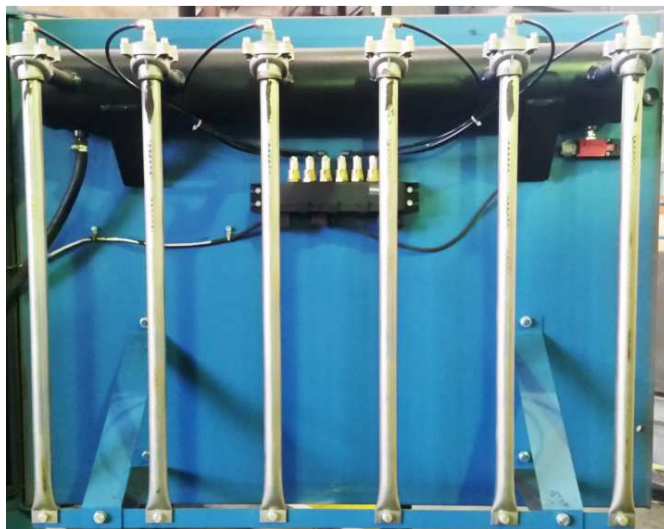


Figura 14: Sistema de jato pulsante (pulse jet)

Fonte: Os autores

Ventiladores

Ventiladores (figura 15) são máquinas turbodinâmicas, capazes de deslocarem fluidos na fase gasosa, que podem escoar por dutos rompendo as resistências do seu deslocamento, possibilitando uma vazão do ar de forma desejável. (Macintyre, 1990).

Os ventiladores tem o objetivo de controlar a pressão desenvolvida, vazão e ruídos dentro de determinado ambiente e de realizar a troca e movimentação do ar dentro de espaços fechados, assegurando a pureza do ar e respeitando as normas vigentes. Essa extração ou circulação do ar se dá por meio de ventilação forçada através de insuflamento ou exaustão, ou pelos dois meios. A ventilação industrial não está disposta apenas a cuidar das condições a nível de conforto para as pessoas dentro de locais (ambientes) fechados, mas sim de realizar uma filtragem de impurezas residuais formadas nos processos industriais como, gases, poeiras, vapores, fumaças tóxicas, e qualquer outro tipo de impureza que é projetada na atmosfera (no ar), diminuindo assim a degradação do meio ambiente. (Moreira, 2006)



Figura 15: Ventilador centrífugo

Fonte: http://www.serdigital.com.br/gerenciador/clientes/oasis2012/fotos/16_387.jpg

Ventiladores centrífugos

Ventiladores projetados para trabalhos mais pesados, são robustos, apresentam alto índice de ruídos e de fácil manutenção (reparação). (Lisboa, 2007)

Ventiladores centrífugos de pás para trás

Esses ventiladores tem como característica um grande controle de potência, que é importante para perda de carga variável do sistema, afim de evitar sobrecargas e são ventiladores de alta eficiência e silenciosos.

Tem dois tipos de pás, aerodinâmicas e planas. As pás aerodinâmicas tem rendimento elevado e possibilitam uma corrente de ar mais uniforme (figura 16), são empregadas em grandes vazões, enquanto as de pás planas transportam ar sujos e são auto- limpantes, porém com eficiência menor do que as aerodinâmicas. (Lisboa, 2007)

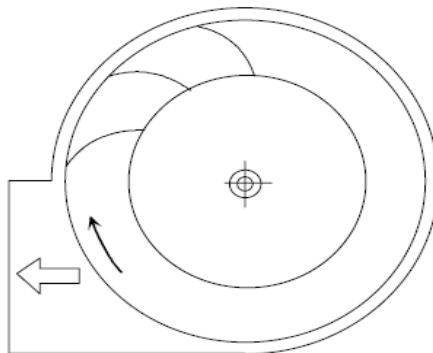


Figura 16: Ventilador com pás curvadas para trás

Fonte: Macintyre (1990)

Classificação quanto ao tipo de rotores conforme tabela 3.

Tabela 3: Classificação dos ventiladores

Tipo	Nº Estágios	Características	Nome
<i>Ventilador Radial ou Centrifugo</i>	1	Baixa pressão: Até 150 mmH ₂ O, $D_2/D_1 = 1,1 \sim 1,3$	<i>Ventilador Centrifugo</i>
		Média pressão: até 250 mmH ₂ O, $D_2/D_1 = 1,3 \sim 1,6$	<i>Ventilador Centrifugo</i>
		Alta pressão: Até 250 ~ 750 mmH ₂ O, $D_2/D_1 = 1,6 \sim 2,8$	<i>Soprador</i>
	>1	Δp até 10 kgf/cm ² (100mtsH ₂ O) Até 12 rotores em série, D_2/D_1 até 4.	<i>Compressor ou Turbocompressor</i>
<i>Ventilador Axial</i>	1	Hélice simples para movimentação de ar ambiente, ventilador de teto, ventilador de coluna. carcaça tubular envolve rotor único.	<i>Ventilador Helicoidal</i> <i>Tube-axial</i>
		>1	Δp até 3.0 kgf/cm ² (30mtsH ₂ O)	Turbocompressor

(Villar, 2001)

Classificação quanto a pressão segundo tabela 4.

Tabela 4: Classificação em função da pressão

Pressão Baixa	Até 200mm H ₂ O.
Pressão Média	200 a 800mm H ₂ O.
Pressão Alta	800 a 2.500 mm H ₂ O.
Pressão muito alta	2.500 a 10.000 mm H ₂ O.

(Villar, 2001)

2.4 Fundamentos da Mecânica dos Fluidos Aplicados na Ventilação Industrial

Escoamento dos fluidos

Os fluidos quando em movimentação, tem comportamentos variados quanto ao seu tipo de regime, que podem ser laminar, turbulento ou podem estar em transição dos dois. (Moreira, 2006),

O regime laminar ocorre no momento em que as partículas do fluido se deslocam de forma regular, ou seja, de forma disciplinada e sem as partículas se cruzarem. Já no regime turbulento, as partículas se deslocam de forma mais brusca, tendo uma variação de forma constante, onde uma mesma partícula pode atingir tanto o centro quanto as extremidades (paredes) do duto. (Moreira, 2006)

O regime de escoamento de um fluido é definido pelo número de Reynolds, grandeza que é adimensional e é dada pela fórmula:

$$R_e = \frac{|V| \times l \times \rho}{\mu}$$

Onde:

R_e = número de Reynolds

$|V|$ = módulo da velocidade do fluido

l = comprimento do movimento

ρ = densidade do fluido

μ = viscosidade do fluido

Comumente, definimos escoamentos laminar quando o número de Reynolds é menor do que 2000 ($Re < 2000$), e escoamento turbulento para número de Reynolds maior do que 4000 ($Re > 4000$). Se o valor encontrado estiver nesse intervalo de 2000 e 4000, o escoamento é considerado em transição de laminar para turbulento. (Moreira, 2006)

Perda de carga

O fluido ao se deslocar numa tubulação gera uma fricção de suas partículas entre si e com as paredes dessa tubulação, existe também uma turbulência desse fluido e isso faz com que ocorra uma redução gradativa de pressão e perda de energia, conforme o fluido se desloca, essa queda da pressão do fluido é denominada “Perda de Carga (ΔP)”

A perda de carga pode ser classificada em:

- Perda de carga distribuída
- Perda de carga localizada

Perda de carga distribuída

Causa uma perda de pressão ao longo do tubo, ou seja, num trecho contínuo. Essa perda é gerada devido ao atrito do fluido com as paredes do tubo.

Perda de carga localizada

É a perda de pressão causada pelos acessórios que são instalados na tubulação, como válvulas, curvas, reduções, etc.

A perda de carga é expressa pela equação de Darcy-Weisbach:

$$\Delta p = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2 \times g}$$

Onde:

Δp = Perda de carga (m)

L = comprimento equivalente da tubulação (m)

D = diâmetro interno da tubulação (m)

V = velocidade média (m/s)

g = aceleração da gravidade (m/s²)

f = fator de fricção (adimensional)

Para sistema de ventilação as unidades de pressão mais usadas são o *Pascal*

(P_a) e o milímetro de coluna de água (mmca)

Determinação do fator de fricção (f)

Também conhecido com coeficiente de atrito, pode ser determinado através do gráfico do diagrama de Moody (gráfico 1), utilizando o *número de Reynolds* (Re) e ϵ/D , onde (ϵ) é a rugosidade do material conforme tabela 5

Tabela 5: Valores de rugosidade absoluta

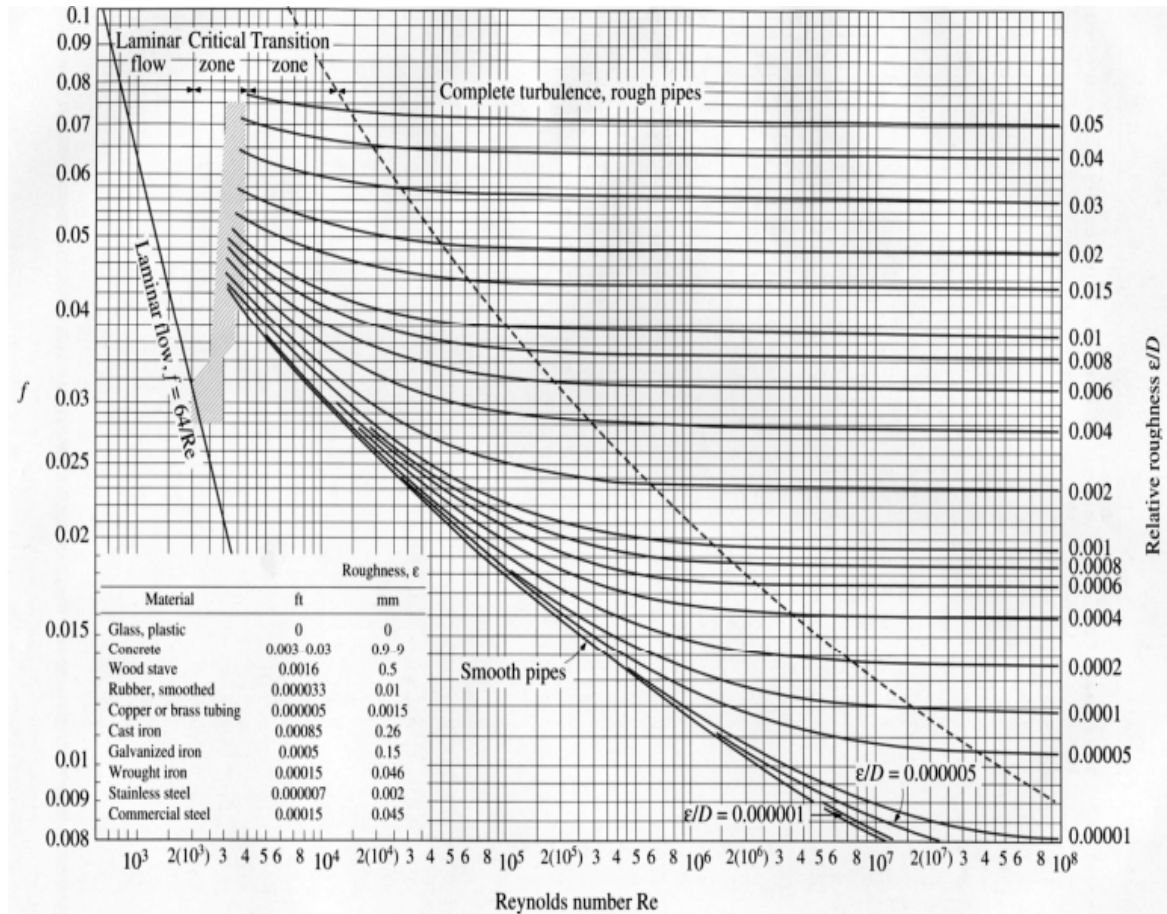
Material do Duto	Rugosidade Absoluta mm
Aço carbono sem revestimento e limpo	0,03 a 0,05
PVC	0,01 a 0,05
Alumínio	0,04 a 0,06
Aço Galvanizado, com costura longitudinal e espaçamento de juntas de 1,2 m	0,05 a 0,10
Aço Galvanizado, construído por rolamento, com costura em espiral e juntas a 3m	0,06 a 0,12
Aço Galvanizado, com costura em espiral, com 1, 2 ou 3 nervuras, e juntas a 3,6 m	0,09 a 0,12
Aço Galvanizado, com costura longitudinal, e juntas a 760mm	0,15
Duto rígido de fibra de vidro	0,9
Duto revestido internamente com fibra de vidro	1,5
Duto metálico flexível totalmente estendido	1,2 a 2,1
Duto flexível de tecido e fios, totalmente estendido	1,0 a 4,6
Concreto	1,3 a 3,0

Fonte: <http://www2.feg.unesp.br/Home/PaginasPessoais/nestorproenzaperez/sfm->

2014-aula-25.pdf

Diagrama de Moody é utilizado para determinar coeficiente de atrito:

Gráfico 1: Diagrama de Moody



Fonte: <http://www.dequi.eel.usp.br/~lmguiaraes/Diagrama%20de%20Moody.pdf>

Uma outra maneira de se obter esse coeficiente é através dessa equação que depende do regime de escoamento.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \times \log\left(\frac{e}{3,7 \times D_h} + \frac{2,51}{Re \times \sqrt{f}}\right)$$

$$f = \frac{0,25}{\left[\log\left(\frac{\epsilon/D}{3,7} + \frac{2,51}{Re\sqrt{f}}\right)\right]^2}$$

A equação é válida para

$$10^{-6} < \epsilon/D < 10^{-2}$$

$$5000 < Re < 10^8$$

2.5 Saúde e Segurança do Trabalho

A Saúde e a Segurança no Trabalho estão totalmente relacionadas, estas agem diretamente nas circunstâncias em que os serviços são realizados pelo profissional. Esses dois fatores discorrem sobre as mesmas finalidades:

- Preservação da vida;
- Melhoria do bem-estar durante a carreira profissional;

Saúde no trabalho

A saúde no trabalho, está exatamente ligada as prováveis doenças ocupacionais e profissionais. Para tanto, ela também menciona a prevenção da boa condição de vida do colaborador, levando em conta a sua saúde mental, física e social.

A saúde no trabalho deve agregar a consideração da capacidade laboral do colaborador e suas condições de saúde ao começar suas tarefas na empresa, da mesma forma ao sair.

Esse propósito é obtido por meio da realização de:

- Diagnósticos ocupacionais admissionais
- Diagnósticos ocupacionais periódicos
- Diagnósticos ocupacionais de alteração ou volta de funções
- Diagnósticos demissionais

Segurança no trabalho

Quando mencionamos segurança no trabalho, estamos dizendo sobre os critérios que devem ser tomados para que possamos manter o bem-estar dos trabalhadores no local onde exercem suas atividades.

Dessa maneira, os padrões para segurança são:

- Ter cuidado com as instalações (local), para que não gerem riscos de acidente;

- Reuniões diárias, semanais e mensais sobre segurança;
- Instrução sobre os métodos adotados para se evitar condições de risco;
- A recomendação de práticas seguras, como técnicas mais corretas e EPI'S de acordo, para cada tipo de tarefa;
- Abertura de documentações específicas para cada tipo de atividade;
- Cumprimento de regras, normas e diretrizes;

Regulamentos e normas para o contato com os fumos metálicos

Limites de exposição

As entidades internacionais de saúde identificam a relevância da precaução as graves avarias a saúde acometidas pelos fumos e gases originados durante o processo de soldagem. Parte dos países tem normatização particular no que se refere a diminuição e moderação do contato dos colaboradores aos fumos de solda. Estas normatizações restringem os graus de acúmulo máximo no qual os colaboradores podem estar expostos.

Os limites são estabelecidos em PPM (parte por milhão) ou em mg/m^3 , de modo geral como uma média produzida mediante o turno de trabalho e ainda máximos valores de pico a qualquer instante. No Brasil as normatizações que atendem esses aspectos são as NR-15 (INSALUBRIDADE) e NR-9 (PPRA), sendo nessa ordem estabelecidos limites de tolerância permissíveis de acordo com cada substância tóxica presente nesses fumos, e os parâmetros a serem adotados para segurança dos colaboradores.

NR-9 (Programa De Prevenção De Riscos Ambientais)

Essa norma aborda todas as fases incluídas no PPRA, as estruturações, abrangências e obrigações do empresário com a aplicação e empenho do programa. Todas as companhias de qualquer ramo de comércio/fabricação são solicitadas a posse do PPRA, não considerando o porte da companhia, perigos e números de empregados. A NR-9 deixa público quanto à obrigatoriedade do PPRA para cada

servidor. Tendo como exemplo, se uma companhia possuir duas plantas em endereços discrepantes, cada uma delas deverá mostrar o PPRA. Com relação as partes que avaliam a elaboração, acompanhamento e implantação, estas ficam sob responsabilidade do SEMST (Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho), sendo grupos de pessoas ou somente uma, que são avaliados pelos empregadores e considerados aptos, sob a incumbência do empregador.

É recomendado que o PPRA deva se suceder por um parecer do seu progresso, sendo na verificação de necessários ajustes, bem como na aplicação de prioridades e metas. É de extrema importância que cada empresa exerça sua obrigação de acordo com os riscos e atividades. O PPRA precisa ser guardado durante 20 (vinte) anos, por isso que o meio em que serão arquivados esses registros é de decisão da empresa. Em casos onde se faz necessário examinar o PPRA do ano vigente, é aconselhável que estes arquivos estejam impressos, pois os mesmos devem estar à vista caso ocorra uma inspeção de um órgão responsável.

Os requisitos mínimos para a aplicação do PPRA são:

- Uma programação anual com definição de prioridades, cronogramas e metas;
- Plano e estrutura de ação;
- Forma de como registrar, comunicar os dados e manutenção;
- Periodicidade e forma para se analisar o progresso do PPRA;

NR-15 (Atividades e Operações Insalubres)

Segundo a NR-15, o citado “insalubre” é aplicado para demonstrar a tarefa de qualquer pessoa em local hostil a saúde. Qualquer pessoa que execute tarefas em ambientes com situações insalubres está resguardada com seus direitos na norma NR-15.

De acordo com o artigo 189 da CLT (Consolidação das Leis do Trabalho) as atividades ou operações são consideradas insalubres por natureza quando:

- As condições ou sistemas de trabalhos, deixem os trabalhadores expostos a agentes danosos à saúde acima dos valores máximos de tolerância permitidos, em função da natureza e da potência do agente, e claro ao período em que o mesmo esteve exposto aos seus efeitos.
- Os agentes responsáveis da insalubridade estão compreendidos nos anexos NR-15, tendo como alguns exemplos de causas insalubres, os elevados ruídos permanentes ou contínuos; valores limites permissíveis de contato com calor; ruído de impacto; radiações ionizantes; poeiras minerais e agentes químicos. Lembrando que a NR-15 depende de auditoria que é de responsabilidade de profissionais habilitados.

Malefícios dos fumos metálicos

Tamanho das partículas

O volume dos particulados dos fumos de solda produzidos se distingue entre inferior a $0.01\mu\text{m}$ a superior de $0.1\ \mu\text{m}$ (figura 17). Quando os elementos estão acumulados alcançam à área de inalação do soldador, formando particulados de fumos de solda de $1-2\ \mu\text{m}$. A grandeza das partículas é agravante porque estabelece o quanto o sistema respiratório é atingido. Células superiores a $5\ \mu\text{m}$ são acumuladas no trato respiratório superior e as células que variam de $0.1 - 5\ \mu\text{m}$, que compreendem os fumos metálicos provenientes da solda, adentram na parte interior (figura 18) dos alvéolos e se concentram lá. De acordo com a figura 19 são apresentadas os tamanhos das partículas para cada parte do sistema respiratório.

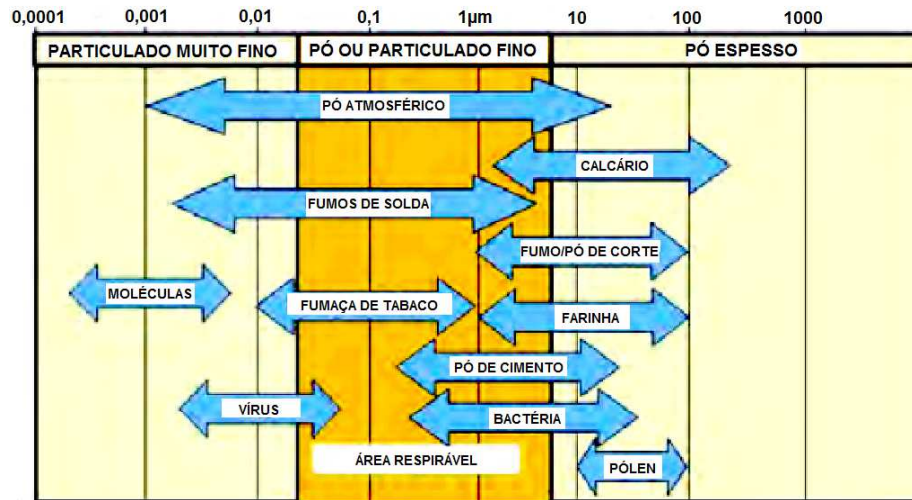


Figura 17: Variação de tamanho de partículas

Fonte: Nederman

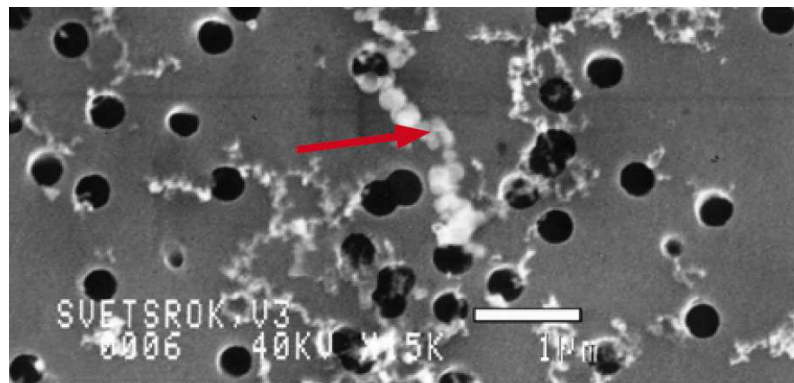


Figura 18: Partículas aglomeradas no sistema respiratório

Fonte: Nederman

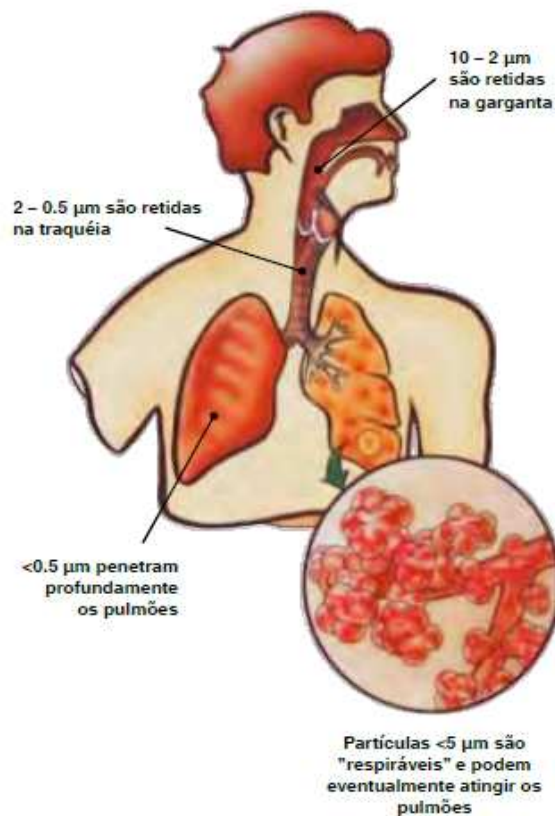


Figura 19: Sistema respiratório e os tamanhos das partículas

Fonte: Nederman

Os particulados que formam os fumos metálicos oriundos da solda são minúsculos ao ponto de permanecerem flutuando no ar em elevado período de tempo, estes são inalados facilmente e adentram nos pulmões demasiadamente, nesse tempo exposto ao fumo, os mesmos entram em contato com as vias sanguíneas. Na tabela 6 são apresentados os valores limites máximos para diversas substâncias.

Os fumos gerados dos métodos MIG/MAG dentre eles o MMA (eletrodos revestidos) e o FCAW (Flux-cored arc welding- arco elétrico com arames tubulares), geralmente abrange certas quantidades consideráveis de manganês e cromo hexavalente – Cr(VI), isto é preocupante porque as duas substâncias tem um limite de contato permissível excessivamente baixo por contas dos riscos apresentados à saúde. Os demais elementos metálicos como cobre, zinco, níquel, entre outros, idem aos riscos a saúde.

Cromo hexavalente – Cr(VI)

Aços inoxidáveis são misturas ferrosas que contêm em sua formação 10,5% de cromo. Os derivados de Cromo – Cr(VI) – são aqueles que incluem cromo no formato oxidado +6. O Cr no material de suporte (base) e no eletrodo de solda normalmente não é o motivo da geração do cromo (VI). Entretanto, ao decorrer do processo de soldagem, os associados alcalinos existentes na corrente reagem com o cromo que acabará originando o Cr (VI). O cromo (VI) é sabidamente carcinogênico e estudos realizados mostraram nitidamente que o contato com este elemento pode acarretar em graves e inconvertíveis males à saúde. Os métodos de fissura a quente dos aços inoxidáveis ademais podem produzir cromo hexavalente - Cr(VI).

Manganês

O manganês é um composto de liga importante na formação de ferro e aço em atributo de sua propriedade de captagem de enxofre, desoxidação através do banho e melhoramento da liga. O manganês ademais é um elemento chave na formação de aços inoxidáveis de custo baixo. Logo, está existente em quase todas as classes de aços. O contato contínuo e ininterrupto a altos acúmulos de manganês podem acometer o sistema nervoso, provocar graves doenças ao trato respiratório e outros resultados divergentes. Um vasto risco de doenças como as neuropsiquiátricas já foram relatadas como sendo agregado à toxicidade do manganês. Entre essas enfermidades está um inconvertível modo de síndrome Parkinsoniana, este modelo de desordem e deserranjo da toxicidade do manganês foi apelidado pelos cientistas de “Parkinson’s Manganism”.

Níquel

Utilizado em milhares de produtos de consumo, pois 65% do níquel fabricado é utilizado na confecção de aço inoxidável, 20% para os materiais metálicos e não-metálicos, com aplicações diversas, 9% na galvanização e 6% em diversos itens variados, como moedas, pilhas recarregáveis, baterias entre outras coisas.

As principais maneiras de exposição ao níquel acontece pelo consumo de água potável e alimentos. Quando consumido em poucas quantidades são até favoráveis para o organismo humano, mas mesmo assim se trata de um tóxico que se acumula no organismo humano e podendo acarretar danos ao bem-estar e contaminação. Outra maneira se dá por contato com a pele e a respiração. Em casos de contatos e grandes exposições ao níquel, podem levar a dificuldades na formação de fetos. O cigarro é um dos meios de exposição desse metal e muitos não tem esse conhecimento.

Tabela 6: Valores limites máximos para poeiras, fumaças e neblinas tóxicas

Substâncias	TLV-TWA		TLV-STEL	
	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
Mercúrio (compostos orgânicos) (pele)	—	0,05	—	—
Metilmercaptan	0,5	1	—	—
Metilcelosolve (pele)	25	80	—	—
Molibdênio (compostos insolúveis)	—	10	—	20
Molibdênio (compostos solúveis)	—	5	—	10
Monocloreto de enxofre	1	6	3	18
Naftaleno	10	50	15	75
Neblina de óleo (mineral)	—	5	—	10
Nicotina (pele)	—	0,5	—	1,5
Níquel carbonila (como Ni)	0,05	0,35	—	—
Nitrobenzeno (pele)	1	5	2	10
Nitrogênio, dióxido de	3	6	5	10
Nitroglicerina (pele)	0,05	0,5	—	—
Nitrotolueno, pele	2	11	—	—
Óxido de cálcio	—	2	—	—
Óxido de cloro (Cl ₂ O)	0,1	0,3	0,3	0,9
Óxido de etileno	1	2	—	—
Óxido de propileno	20	50	—	—
Óxido de zinco (fumos)	—	5	—	10
Ozônio	0,1	0,2	0,3	0,6
Percloroetileno (tetracloretileno)	50	335	200	1.340
Pentacloreto de fósforo	0,1	1	—	—
Pentaclorofenol (pele)	0,1	0,5	—	1,5
Pentafluoreto de enxofre	0,025	0,25	0,075	0,75
Peróxido de hidrogênio, 90%	1	1,5	2	3
Piretro	—	5	—	10
Piridina	5	15	10	30
Platina (sais solúveis)	—	0,002	—	—
Propileno, dicloreto de	75	350	110	510
Quinona	0,1	0,4	0,3	1
Sódio, hidróxido de	—	2	—	—
Sulfeto de hidrogênio (gás sulfídrico)	10	14	15	21
Sulfeto de carbono	10	30	—	—
Sulfuri, fluoreto de	5	20	10	40
Tetracloreto de carbono	5	30	20	125
Titânio, dióxido de	—	—	—	20
Tolueno (toluol)	100	375	150	560
Triclorometano (clorofórmio)	10	50	50	225
Tricloreto de fósforo	0,2	1,5	0,5	3
Trinitrotolueno (pele)	0,5	—	—	3
Urânio (compostos solúveis e insolúveis)	—	0,2	—	0,6
Vanádio (V ₂ O ₅ — fumos)	—	0,05	—	—
Zinco, óxido de (fumos)	—	5	—	10
Zircônio, compostos de	—	5	—	10

Fonte: Macintyre (1990)

Consequências do contato por longo período com os fumos metálicos provenientes da solda

- Tumores no pulmão
- Crises asmáticas
- Lesões do septo nasal

- Ferimentos na pele
- Dermatite de contato
- Doença pulmonar (siderose)
- Infertilidade
- Ataque cardíaco

Concentração de contaminantes (ppm)

Conforme Macintyre (1990), sabemos que o ar atmosférico é composto por uma mistura de gases, com pequenos sólidos em suspensão e esse ar é considerado seco e puro. Esses gases tem um certo percentual em volume como:

- Nitrogênio, hidrogênio e gases raros: 79,0%
- Oxigênio: 20,97%
- CO₂ (dióxido de carbono): 0,03%

Agora se no recinto tiver a presença de pessoas, esse teor é alterado. Considerando a umidade relativa do ar em 50% e a temperatura 21°C, teremos a seguinte porcentagem em volume:

- Nitrogênio, hidrogênio e gases raros: 78,0%
- Oxigênio: 20,69%
- CO₂ (dióxido de carbono): 0,06%
- Vapor de água: 1,25%

Segundo Macintyre (1990), mesmo o ar sendo puro, existem pequenas quantidades de partículas de diferentes fontes presentes na atmosfera, até mesmo as bactérias e os odores, que muitas das vezes são gases desagradáveis ao olfato. Esses gases geralmente são de origem mineral, vegetal e animal.

Portanto ao atingirem uma certa concentração, surgem os poluentes e contaminantes que são prejudiciais a saúde humana e ao meio ambiente. Na tabela 7 são apresentadas algumas substâncias fatais a saúde humana.

Tabela 7: Concentrações fatais ao ser humano expressas em ppm

Dióxido de carbono (CO ₂)	100.000
Dióxido de enxofre (SO ₂)	400
Amônia (NH ₃)	750
Gás sulfídrico (H ₂ S)	750
Ácido clorídrico (HCl)	500
Óxidos de nitrogênio (NO + NO ₂)	250
Ácido fluorídrico	100

Fonte: Macintyre (1990)

2.6 EPI'S

A utilização do EPI é uma prática rotineira e de suma importância dentro das indústrias, quando se trata de atividades de risco, se torna ainda mais essencial, na verdade os epi's não evitam acidentes mais minimizam as sequelas de um possível acidente. Uma das funções que mais podem causar danos ao trabalhador é a de soldador, o fumo metálico de solda é uma substância que pode causar danos a saúde. Serão citados todos os EPI's necessários para que o profissional da solda possa executar suas tarefas de maneira segura e sadia.

O fumo de solda é produzido a partir de inúmeras técnicas de soldagem e apresenta uma grande variedade de danos ao bem-estar do profissional. No processo de soldagem quanto menor o tamanho da partícula gerada durante a atividade, mais nociva ela se torna, porque ela passa pelo sistema respiratório com muito mais facilidade, adentrando os pulmões e comprometendo todo o organismo.

A escolha correta dos EPI's (figura 20) para a atividade de soldagem é de total importância, seja para o trabalhador que irá executar as tarefas e estará seguro garantindo assim sua integridade física, quanto para a companhia, que irá disponibilizar a segurança essencial para o seu colaborador reduzindo o absenteísmo tão temido e maléfico para uma melhor eficiência de sua empresa.

Abaixo a relação dos EPI's utilizados nas atividades de soldagem:

- Blusão de vaqueta;
- Manga de raspa;
- Botas de proteção com solado isolante;
- Perneiras;
- Protetores auriculares;
- Avental de raspa;
- Luvas de vaqueta ou de raspa;
- Máscara para fumos de solda;
- Máscaras de solda com lentes;
- Óculos de proteção;
- Além desses instrumentos fundamentais, também são indispensáveis os Equipamentos de Proteção Coletiva (EPC's), como os extintores de incêndio (figura 21), as cortinas ou biombos (figura 22) e sistemas de exaustão de gases e fumos (figura 23).

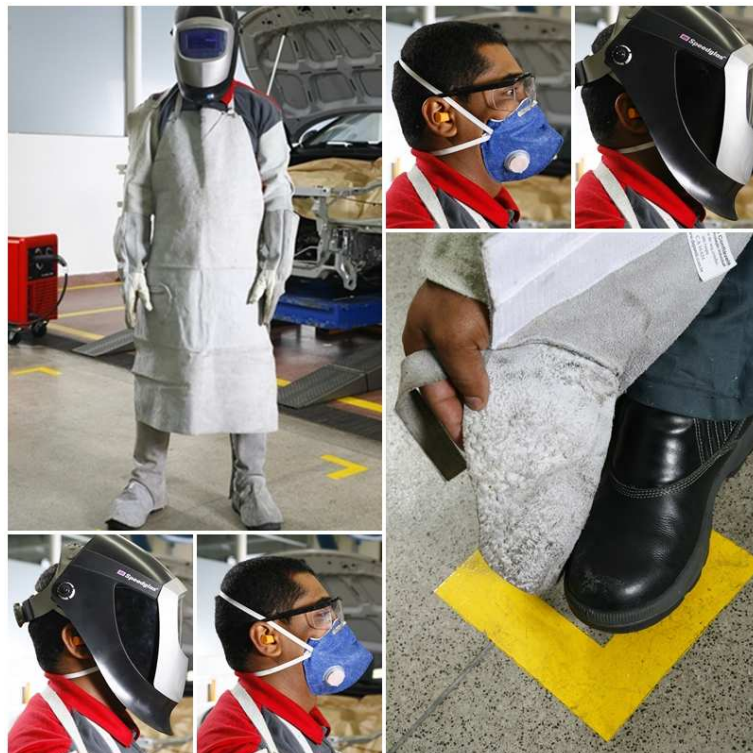


Figura 20: Epi's

Fonte: <http://www.clubedasoficinas.com.br/wp-content/uploads/2013/07/1FOTO.jpg>



Figura 21: EPC (extintor de incêndio)

Fonte:

<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/d9/FireExtinguisherABC.jpg/200px-FireExtinguisherABC.jpg>



Figura 22: EPC (biombos/cortinas)

Fonte: <http://initron.com.br/imagens/produtos-internas/cortinas-e-biombos-para-areas-de-soldagem-03.jpg>

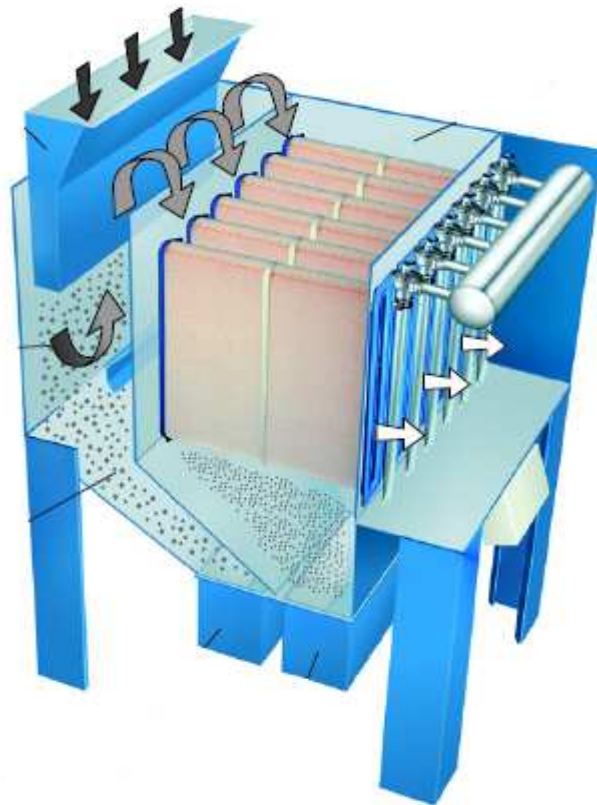


Figura 23: EPC - Sistema de exaustão e filtragem de fumos (em corte)

Fonte: Catálogo Nederman

O colaborador sábio é aquele que usa os EPI's de forma interdependente, ou seja, primeiramente ele precisa entender que o uso dos mesmos é para sua própria segurança, e que os maiores beneficiados do uso são ele e sua família, pois esta sempre o espera ansiosamente em casa, e em segundo lugar ele deve acreditar que a sua atitude correta motiva outros colaboradores a fazerem o mesmo, pois quando trabalhamos em equipe todos somos influenciadores, seja para o lado positivo ou negativo, por fim é importante entender que o certo deve ser feito independente de onde esteja sua liderança, isso vai demonstrar o tamanho do seu profissionalismo e atender a expectativa de seus empregadores.

3 METODOLOGIA

Visando o controle das etapas de análise de todo o processo abordado, utilizou-se do fluxograma (figura 24), o qual aponta de forma objetiva os pontos importantes desse sistema, desde a análise do projeto existente até o seu aprimoramento.

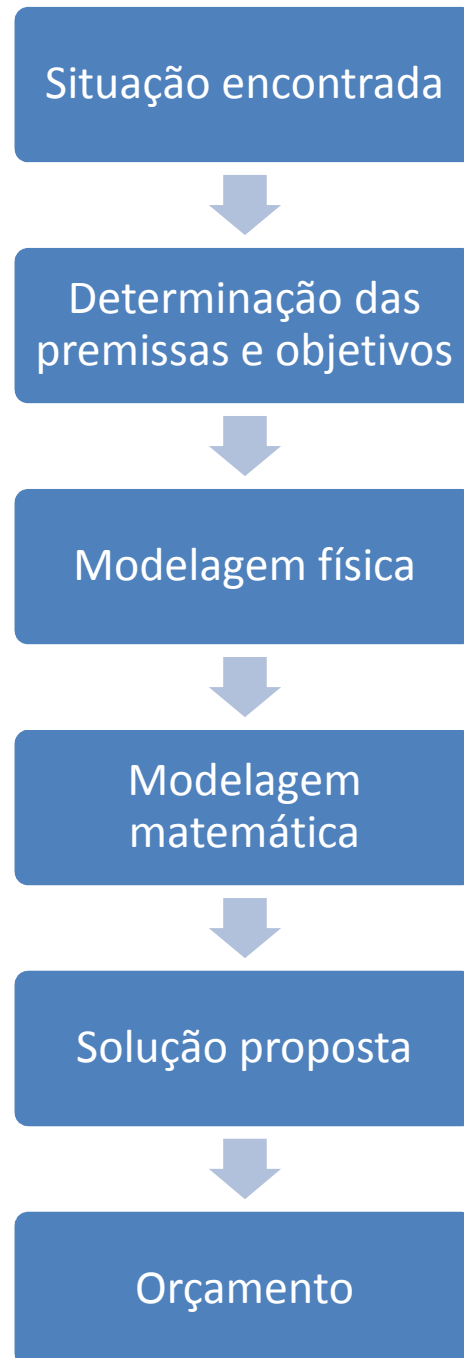


Figura 24: Fluxograma do roteiro

Fonte: Os autores

3.1 Situação Encontrada

Ao realizar uma visita na Empresa X mais precisamente no setor de recuperação de eixos de ponte rolante, mangas de rolos de laminação, entre outras peças por meio de um processo de aspensão térmica, identifica-se através do olfato e visão uma grande quantidade de fumos se concentrando dentro do galpão. Vale ressaltar o incômodo ao respirar mesmo estando a uma distância de aproximadamente 25 metros.

Mediante a situação, é iniciada uma abordagem junto à área de soldagem com o intuito de se conhecer todo o sistema, realizando uma série de interrogações aos envolvidos diretamente no processo, buscando compreender todas as dificuldades existentes, afim de propor de maneira bem objetiva soluções que venham melhorar tanto as condições do soldador quanto dos colaboradores que estão dispostos no galpão.

3.2 Determinação das Premissas e Objetivos

Será conduzida toda a análise e proposta de melhoria baseada no menor custo possível, pois há restrição econômica imposta pela empresa diante do cenário nacional.

O objetivo será garantir as melhores condições de trabalho para os colaboradores, proporcionando um ambiente mais agradável, com foco na melhoria da captação dos fumos, assim como identificar possíveis melhorias em todos os aspectos intrínsecos no sistema.

3.3 Modelagem Física

Basicamente esse processo é dividido em dois sistemas:

- Soldagem - Este é constituído por pistola, gerador, arames e mangueiras;
- Exaustão e filtragem de fumos - Composto por unidade e elemento filtrante, ventilador centrífugo, chaminé e braços extratores.

3.4 Modelagem Matemática

Para a realização desta análise do sistema de exaustão, será utilizada a metodologia de cálculos baseada na estimativa de vazão a ser atendida pelos captadores que cita a vazão de aspiração em bocas circulares com flange e captor local com transição.

Os recursos e materiais didáticos utilizados para o desenvolvimento desta análise serão livros, artigos técnicos, catálogos, simulação em software e arquivos eletrônicos retirados da internet.

3.5 Solução Proposta

Mediante a situação encontrada, foi realizado um estudo técnico relacionando a vazão e a velocidade de captura para que pudéssemos reduzir os fumos provenientes do processo de aspersão térmica, assim como de uma maneira rentável não inferir no orçamento da empresa. A princípio foi observado que a vazão do sistema existente não era suficiente para atender a demanda do processo, sendo que a captação também era um fator predominante.

Depois dessas análises visuais e matemáticas foi proposto um captor com transição adequado para atividade de “spray” de metalização, visando reduzir a distância de captação e assim tornar o sistema capaz de exaurir o fumo gerado.

3.6 Orçamento

Nesta etapa será mensurado um comparativo entre os valores que seriam gastos para aquisição de mais uma unidade filtrante e os gastos para confecção e instalação de todos os componentes necessários de acordo com o estudo realizado, afim de se encontrar a solução mais viável para o problema apresentado.

4 ESTUDO DE CASO

4.1 Situação Encontrada

Ao executar serviços de recuperação de eixos com o uso da máquina de aspersão térmica, visualiza-se uma grande quantia de fumos metálicos no interior do galpão, mesmo estando em funcionamento um sistema de ventilação local exaustora. O colaborador manuseador do sistema de aspersão térmica utiliza os EPI's necessários, contudo os demais colaboradores estão expostos diretamente aos fumos.

Levantadas informações à respeito do processo de aspersão térmica e do sistema de captura dos fumos metálicos, verificou-se que existiam alguns pontos errôneos e alguns a serem verificados.

Ineficiência do sistema de captação

Os braços extratores (figura 25) são posicionados próximo ao eixo, porém não realizam uma captação satisfatória.

Não há uma referência padrão para a distância da peça a ser metalizada para as bocas dos dutos, conforme mostrado na figura 26, portanto o soldador realiza a soldagem de acordo com sua expertise.

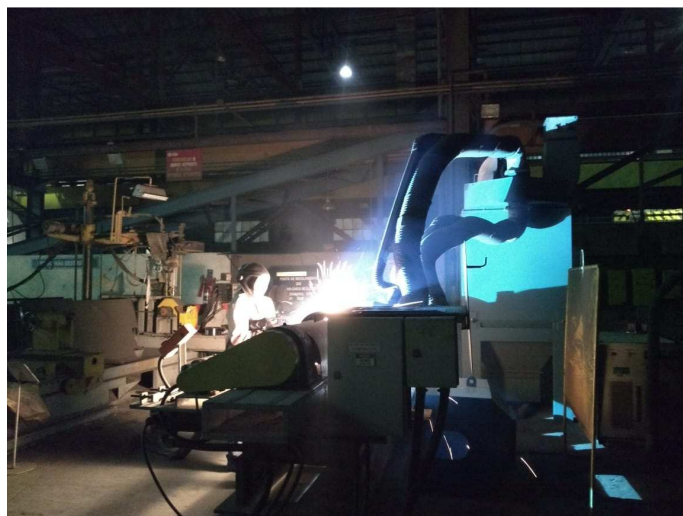


Figura 25: Braços extratores

Fonte: Os autores



Figura 26: Operador sem referencial de distância para a aspersão

Fonte: Os autores

Filtros saturados

Filtros com grande quantidade de particulado conforme mostram as figuras 27 e 28.



Figura 27: Filtro saturado

Fonte: Os autores



Figura 28: Pó proveniente da limpeza do filtro

Fonte: Os autores

Falha na execução do plano de manutenção

O plano de manutenção não contemplava a hora necessária para troca dos elementos filtrantes (figura 29), o que é informado no manual do fabricante.

Figura 29: Plano de manutenção da empresa X

Fonte: Empresa X, 2018

Direcionamento do jato do metal de asperção

O soldador realiza atividade de forma manual, logo não tem precisão de direção na projeção do metal no eixo, conforme apresenta a figura 32. Outro ponto observado que dificulta o processo de soldagem é a ergonomia, pois dependendo do tipo de soldagem e número de passes, ele ficará fadigado devido ao tempo de isometria.



Figura 32: Jato de metal de asperção sendo direcionado sem precisão

Fonte: Os autores

Falta de filtro de segurança

O ar é recirculado para dentro da oficina conforme mostra a figura 33.



Figura 33: Sistema de exaustão e filtragem de fumos

Fonte: Empresa X, 2018

4.2 Determinações das Premissas e Objetivos

A princípio o objetivo é quantificar a vazão necessária e comparar com a vazão disponível do equipamento existente, buscando em literaturas, algumas referências de sistemas similares afim de transformar o ambiente em um local salubre e seguro, sempre com a finalidade de buscar o bem estar dos colaboradores diretamente ou indiretamente expostos.

4.3 Modelagem Física

De acordo com os manuais dos fabricantes, seguem na figura 34 os componentes para o funcionamento do sistema.

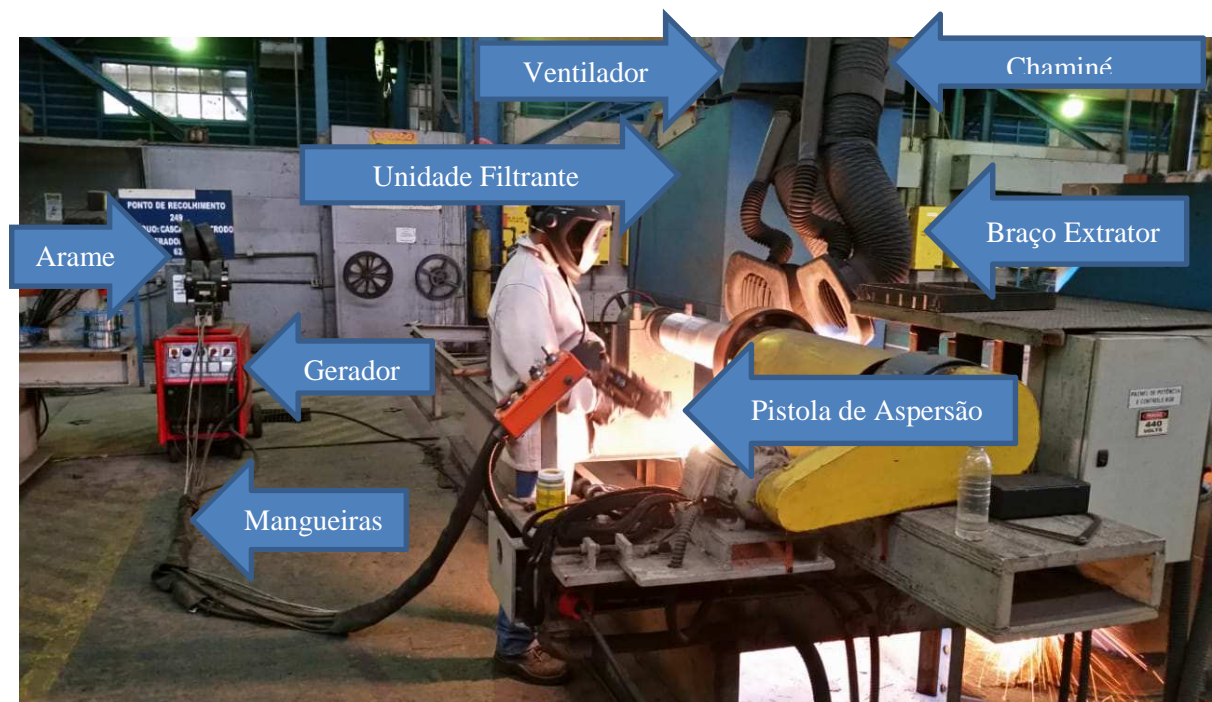


Figura 34: Determinação dos componentes do sistema

Fonte: Os autores

4.4 Modelagem Matemática

Nesse capítulo abordaremos o memorial de cálculo relacionando principalmente à velocidade de captura e vazão do sistema, variáveis essas que nos possibilitarão a análise real do processo.

Dados do fabricante

Conforme a figura 35 de dados do fabricante está sendo citada a vazão disponível pelo ventilador.

Filtragem	Filtro PW NS: 99% a 0,3 µm (depois de algum tempo de operação), BIA classe M ** Filtro PW PTFE: 99,9% a 0,3 µm (depois de algum tempo de operação), BIA classe M **
Caudal de ar	1 módulo: 2400 - 3600 m³/h (dependendo da aplicação e do carregamento) 2 módulos: 4800 - 7200 m³/h (dependendo da aplicação e do carregamento) 3 módulos: 7200 - 10800 m³/h (dependendo da aplicação e do carregamento)
Área filtrante / cartucho	1 módulo: 60 m², 2 módulos: 120 m², 3 módulos: 180 m²
Material filtrante	Filtro PW NS: poliéster, filtro PW PTFE: laminada à fibra de poliéster
Temperatura de operação	-20°C a +60 °C
Temp.do ar (seco) do processo	0 °C a +60 °C, não condensado
Material da caixa	Aço de 3 mm c/ pintura (FilterMax FI, FO), epóxica primário zincado e camada final (FO)
Classes de corrosão *	C2 = baixo risco de corrosão, interior, temperat. de ar variável n/ aquecido (FilterMax FI) C4 = alto risco de corrosão, exterior, zonas urbanas poluídas e costeiras (FilterMax FO)
Requisitos de ar comprimido	0,6 MPa (6 bar, 87 psi), livre de água e óleo.
Consumo de ar comprimido	32 N-litros / pulso de limpeza a 0,6 MPa (6 bar, 87 psi)
Ligação de ar comprimido	1/2" R 15; máx. 0,6 MPa (6 bar, 87 psi)
Voltagem de abastecimento	100 V, 120 V, 230 V, 50/60 Hz
Classe de protecção	IP 54
Voltagem de piloto	24 V AC, máx. 60 VA
Pressão de trabalho	0 a -5 kPa
Ruído dos pulsos	Lp Aeq, 30 s, 50 dB
Peso	1 módulo: 615 kg, 2 módulos: 890 kg, 3 módulos: 1150 kg

Figura 35: Especificações técnicas do fabricante

Fonte: Catálogo Nederman

$$Q_{disp \min} = 2400 \text{ m}^3/h$$

$$Q_{disp \max} = 3600 \text{ m}^3/h$$

Situação encontrada**Vazão necessária**

Equação 1: cálculo de vazão para captor cilíndrico com flange

$$Q = 0,75 \times (10x^2 + S) \times V_c$$

Dados:

Diâmetro do tubo flexível = Ø200 mm

Equação 2: cálculo da distância do ponto de captação à boca do tubo

$$x = 1,5 \times D$$

$$x = 1,5 \times 0,2$$

$$x = 0,3m \text{ ou } 300mm$$

Equação 3: Cálculo da área de seção do tubo flexível do braço extrator

$$S = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

$$S = \frac{\pi \times 0,2^2}{4}$$

$$S = 0,031m^2$$

- Velocidade de captura [V_c] de acordo com a tabela 8.

Tabela 8: Velocidade de captura para operações específicas

OPERAÇÃO	VELOCIDADE DE CAPTURA (m/min)	OBSERVAÇÕES
Jato de areia — Em cabines — Em salas	150 18-30	Captor envolvendo totalmente; fluxo de captação descendente
Ensaçamento de material granulado fino — Com sacos de papel — Com sacos de pano	30 60 120	Em cabine Em cabine No ponto de formação (exaustão local)
Enchimento de barris	22-30	No ponto de enchimento
Na mudança do material de uma correia transportadora para outra. Limpeza de fundição	45-60 60	Face da coifa Aberturas no envoltório Fluxo de captação descendente
Corte de granito — Manual — Aplainamento	60 450	No ponto de origem Coifa suspensa no ponto de origem
Esmerilhamento — Disco fixo e portátil	60-120	Grelhas de fluxo descendente na bancada ou no chão
Fogão de cozinha Coifa de laboratório	30-45 30-45 37-60	Na face da coifa Na face da coifa Porta aberta Fluxo descendente, através de grelha na bancada
Metalização (matérias tóxicas requerem máscaras) — Tóxico (chumbo, cádmio etc.) — Não-tóxico (aço, alumínio) — Não-tóxico (aço, alumínio)	60 37 60	Na face da cabine Na face da cabine Na face da coifa local
Forja (manual) Elevadores de grãos Máquinas de empacotamento	60 152 15-30 22-45	Na face do envoltório Na face da coifa Na face da cabine Fluxo descendente

Fonte: Macintyre (1990)

$$\boxed{V_c = 60 \text{ m/min ou } 1 \text{ m/s}}$$

Utilizando a equação 1:

$$Q = 0,75 \times (10x^2 + S) \times V_c$$

$$Q_1 = 0,75 \times (10 \times 0,3^2 + 0,031) \times 1$$

$$Q_1 = 0,7 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\boxed{Q_1 = 2520 \text{ m}^3/\text{h}}$$

A vazão encontrada (Q_1) é referente somente a um duto, levando em consideração que o sistema avaliado é constituído de dois dutos flexíveis para exaustão, o valor da mesma será dobrado passando para $Q_1 = 5040 \text{ m}^3/\text{h}$. Desta forma conclui-se que a vazão necessária superou a vazão disponível do equipamento, inviabilizando o mesmo.

$$Q_1 > Q_{\text{disponível}}$$

Situação proposta:

Uma solução mais viável para o projeto será a diminuição da distância do ponto de captação à fonte geradora, utilizando somente um duto flexível e confeccionando um captor local com transição, de acordo com ACGIH, visando diminuir a vazão necessária evitando assim a instalação de mais unidades filtrantes.

Dimensionamento do novo captor

Considerando o funcionamento do equipamento nas condições mínima e máxima, será utilizada a vazão mínima disponível e a velocidade de captura mínima, afim de se encontrar a área do captor conforme figura 36.

Dados:

$$Q_{\text{disp. min.}} = 2400 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{\text{disp. máx.}} = 3600 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$v_{\text{min.}} = 1 \text{ m/s}$$

- Área do captor

Equação 4: Cálculo para área do captor

$$S_{\text{captor}} = \frac{Q_{\text{disp min}}}{v_c}$$

$$S_{captor} = \frac{2400}{1 \times 3600}$$

$$S_{captor} = 0,66 \text{ m}^2$$

- Dimensões da face do novo captor

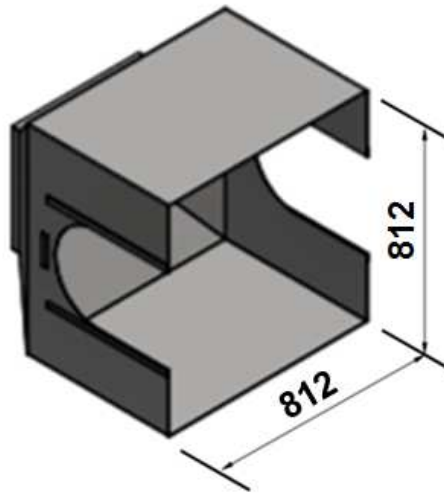


Figura 36: Vista isométrica do captor

Fonte: os autores

Requisitos para velocidade do ar (tabela 9):

Tabela 9: Velocidades recomendadas para o ar

Material transportado	Velocidade em m/s
vapores, gases, fumos, poeira muito fina	10
poeyras secas finas	15
poeyras industriais médias	17,5
partículas grossas	17,5 - 22,5
partículas grandes, grandes concentrações, materiais úmidos	22,5 e mais

Fonte: Ventilação mecânica, Benedicto (1980)

$$v_{m\acute{a}x_{duto_{req}}} = 22,5 \text{ m/s}$$

$$v_{m\acute{i}n_{duto_{req}}} = 17,5 \text{ m/s}$$

$$Q_{min_{req}} = 200 \text{ cfm/ft}^2 = 339,8 \text{ m}^3 /$$

*h por m² de abertura para spray de metalizaçã*o (Macintyre, 1990)

Comparando a vazão mínima requerida com a vazão disponível mínima:

- Transformando a vazão de m^3/h para cfm

$$Q_{disp_{min}} = \frac{2400}{0,3048^3 \times 60}$$

$$Q_{disp_{min}} = 1412,6 \text{ cfm}$$

- Transformando a área de m^2 para ft^2

$$S_{captor} = \frac{0,66}{0,3048^2}$$

$$S_{captor} = 7,1 \text{ ft}^2$$

- Constatando se a vazão mínima atende ao requisito

$$Q_{disp_{min}} = \frac{1412,6}{7,1}$$

$$Q_{disp_{min}} = 199 \text{ cfm/ft}^2$$

Logo, considera-se que a vazão disponível mínima atende ao requisito.

Equação 5: Cálculo da velocidade no interior do duto

$$v_{m\acute{a}x/min_{duto}} = \frac{Q_{disp_{m\acute{a}x}}}{S_{duto}}$$

- Duto com Ø200mm e vazão disponível máxima

$$v_{m\acute{a}x_{duto}} = \frac{Q_{disp_{m\acute{a}x}}}{S_{duto}}$$

$$v_{m\acute{a}x_{duto}} = \frac{3600 \times 4}{\pi \times (0,2)^2 \times 3600}$$

$$v_{m\acute{a}x_{duto}} = 32 \text{ m/s}$$

A velocidade no duto utilizando esse diâmetro está acima do recomendado, isso acarretará na deficiência da auto-limpeza dos filtros e possível desgaste prematuro do duto, logo é necessário redimensionar o mesmo.

- Redimensionando a velocidade no duto com um modelo de Ø250mm:

Utilizando a equação 5:

$$v_{m\acute{a}x_{duto}} = \frac{Q_{disp_{m\acute{a}x}}}{S_{duto}}$$

$$v_{m\acute{a}x_{duto}} = \frac{3600 \times 4}{\pi \times (0,25)^2 \times 3600}$$

$$v_{m\acute{a}x_{duto}} = 20 \text{ m/s}$$

Utilizando esse diâmetro para o duto, a velocidade atende o parâmetro recomendado.

- Velocidade mínima do ar no duto ($v_{mín_duto}$)

Utilizando a equação 5:

$$v_{mín_duto} = \frac{Q_{disp_{mín}}}{S_{duto}}$$

$$v_{mín_duto} = \frac{2400 \times 4}{\pi \times (0,25)^2 \times 3600}$$

$$v_{mín_duto} = 13,6 \text{ m/s}$$

A velocidade mínima está abaixo da recomendada.

- Ajustando a vazão mínima disponível respeitando a velocidade mínima requerida, conforme tabela 9.

Utilizando a equação 5:

$$Q_{disp_{mín}} = S_{duto} \times v_{mín_{req}}$$

$$Q_{disp_{mín}} = \frac{\pi \times 0,25^2}{4} \times 17,5 \times 3600$$

$$Q_{disp_{mín}} = 3092 \text{ m}^3/\text{h}$$

O ajuste do sistema será feito pela regulagem do *dumper* localizado na boca do duto, utilizando um anemômetro para manter a velocidade do ar dentro dos valores mínimos e máximos conforme tabela 9.

Perda de carga (Δ_p)

Equação 6: Cálculo para perda de carga

$$\Delta_p = 0,25 \times \frac{v_{\text{máx duto}}^2}{2g}$$

- Perda de carga no captor

$$\Delta_{p_1} = 0,25 \times \frac{v_{\text{máx duto}}^2}{2g}$$

$$\Delta_{p_1} = 0,25 \times \frac{20^2}{2 \times 9,81}$$

$$\Delta_{p_1} = 5,1 \text{ mmca}$$

- Perda de carga no filtro

$$\Delta_{p_2} = 1200 \text{ Pa}$$

- Convertendo para *mmca* teremos

$$\Delta_{p_2} = \frac{1200}{9,81}$$

$$\Delta_{p_2} = 122 \text{ mmca}$$

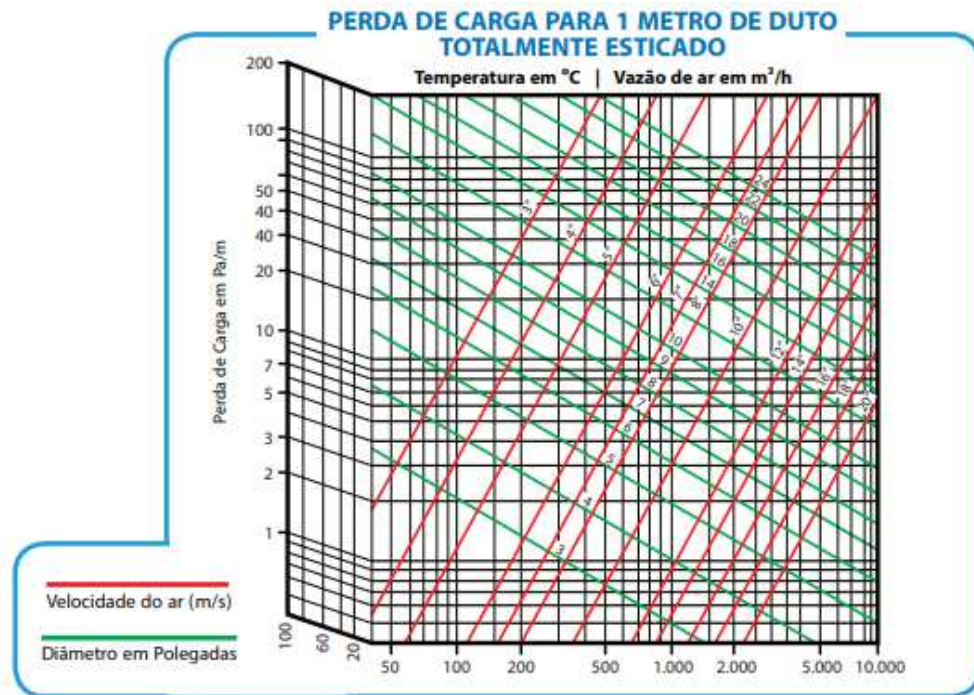
Informação fornecida pelo Manual de Instruções FilterMax F, p. 15 (anexo A)

- Perda de carga no duto

$\Delta_{p_3} = 4,08 \text{ mmca}$ segundo o gráfico 2, perda de carga para 1 metro;

$\Delta_{p_3} = 12,24 \text{ mmca}$ para 3 metros de duto

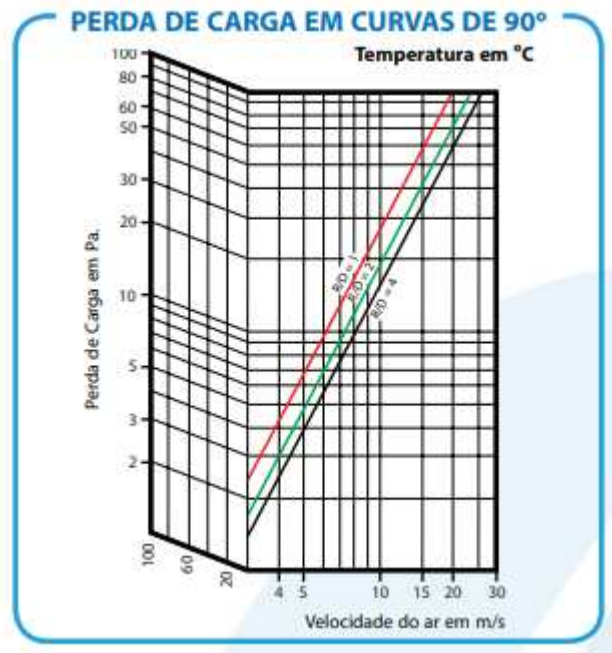
Gráfico 2: Perda de carga para 1 metro de duto totalmente esticado



Fonte: Catálogo Multivac

$\Delta p_4 = 10,19 \text{ mmca}$ para uma curva de 90° segundo o gráfico 3

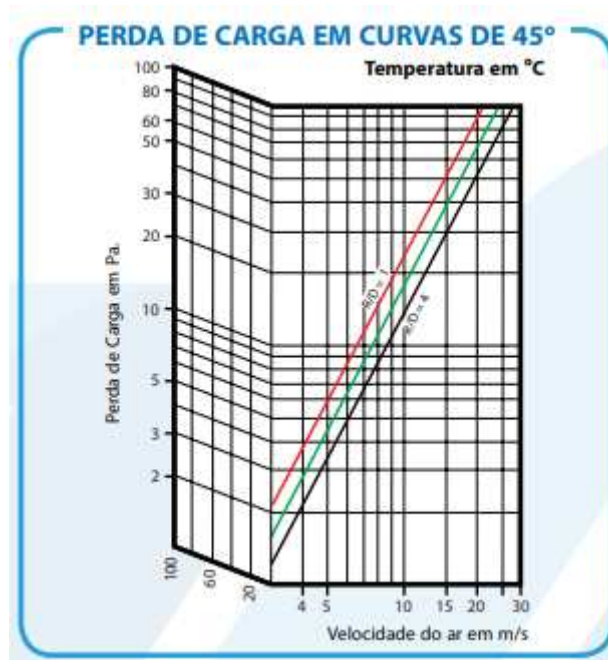
Gráfico 3: Perda de carga em curvas de 90°



Fonte: Catálogo Multivac

$\Delta p_5 = 9,18 \text{ mmca}$ para 1 curva de 45°, conforme gráfico 4

Gráfico 4: Perda de carga em curvas de 45°



Fonte: Catálogo Multivac

$$\sum \Delta p_{3,4,5} = 31,61 \text{ mmca}$$

- Perda de carga total

$$\Delta p_{total} = 5,1 + 122 + 31,61$$

$$\Delta p_{total} = 158,71 \text{ mmca}$$

A pressão do ventilador é maior que a perda de carga do sistema, conforme gráfico contido no Manual de Instruções FilterMax F anexo A p. 15, portanto o mesmo não tem o seu funcionamento comprometido.

Análise das curvas características

Equação 7: Curva do sistema

$$P = kQ^2$$

Equação 8: Curva do ventilador

$$P = P_{m\acute{a}x} + kQ^2$$

- Determinação do k do sistema

O valor adotado de pressão abaixo foi retirado do desenho de projeto do sistema (figura 37) e a vazão disponível máxima.

$$P = kQ^2$$

$$2451,7 = k3600^2$$

$$k = 1,89 \times 10^{-4}$$

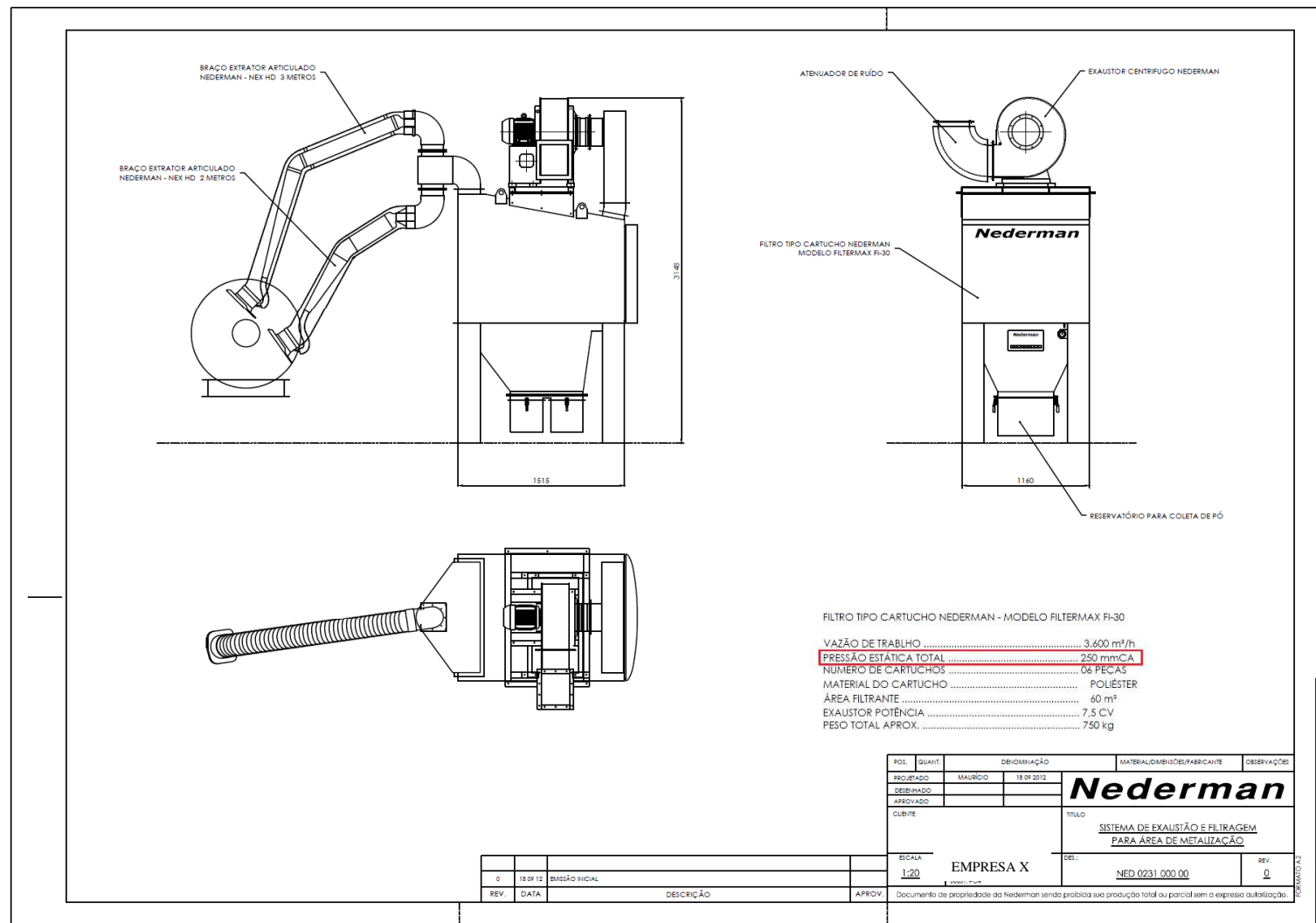


Figura 37: Desenho de projeto do sistema

Fonte: Nederman

- Determinação do k do ventilador

O valor adotado de pressão e vazão foram retirados do catálogo Nederman específico do ventilador NCF 30/25, conforme tabela 10.

$$P = P_{m\acute{a}x} + kQ^2$$

$$1195,59 = 2451,7 + k 5034^2$$

$$k = -4,957 \times 10^{-5}$$

Tabela 10: Pontos de operação

Lwmi (Sound power level measured at the open inlet of the fan)								unit of measure dB			
Center frequency (Hz)								Operation point			
								pressure (in.wg)	flow (cfm)	rotation speed (r.p.m)	number
63	125	250	500	1000	2000	4000	8000				
84	85	82	87	87	86	88	86	0,00	3958	3562	1
85	80	81	85	84	83	83	76	4,80	2963	3556	2
84	80	82	84	83	81	80	74	8,00	1984	3556	3
90	86	95	91	86	86	84	76	9,90	983	3568	4

Fonte: Catálogo Nederman

- Determinação do ponto de trabalho para vazão

$$kQ^2 = P_{m\acute{a}x} + kQ^2$$

$$1,89 \times 10^{-4} \times Q^2 = 2451,7 - 4,957 \times 10^{-5} \times Q^2$$

$$Q = 3205,7 \text{ m}^3/\text{h}$$

- Determinação do ponto de trabalho para pressão

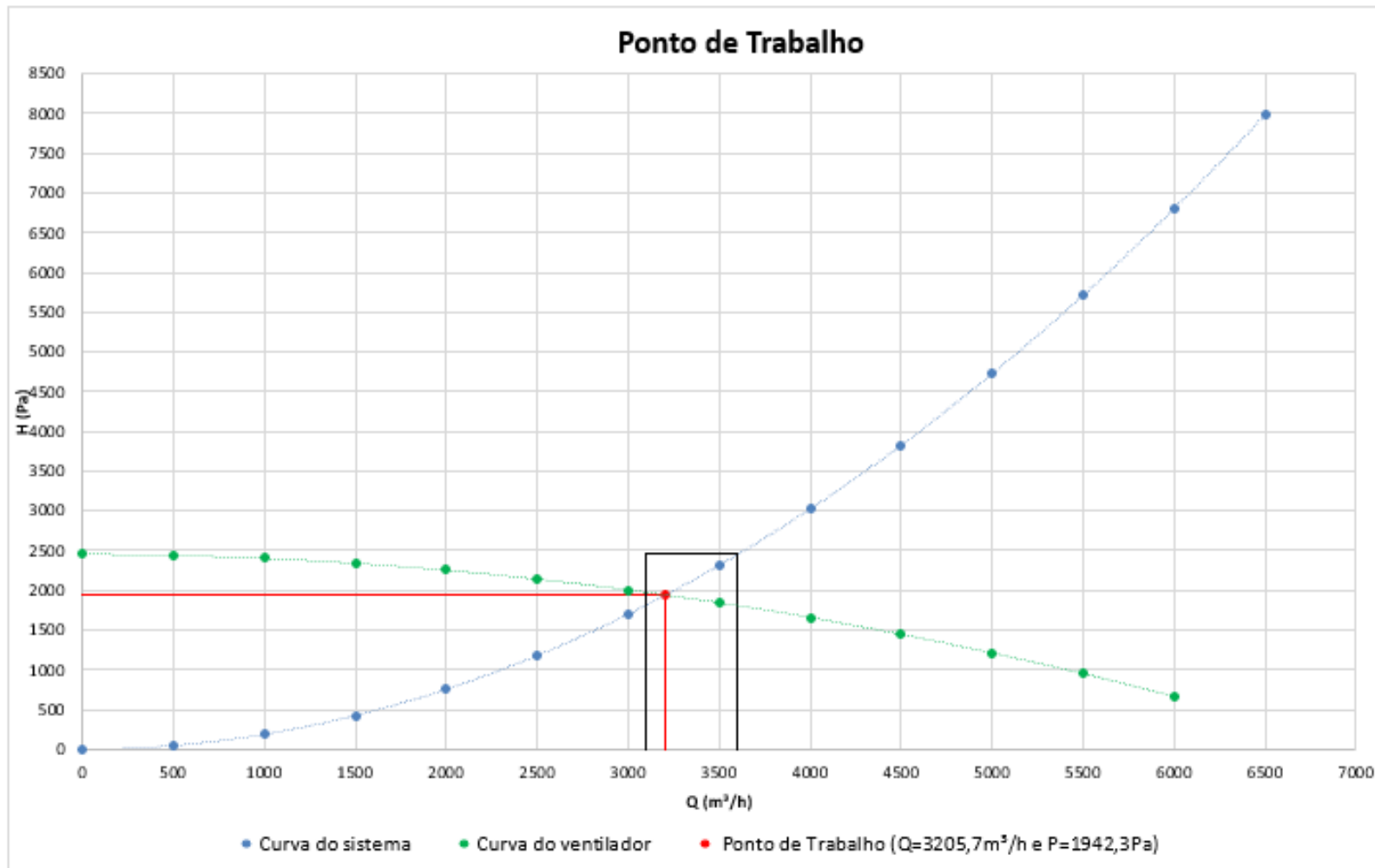
$$\sqrt{\frac{P}{k}} = \sqrt{\frac{P - P_{m\acute{a}x}}{k}}$$

$$\frac{P}{1,89 \times 10^{-4}} = \frac{P - 2451,7}{-4,957 \times 10^{-5}}$$

$$P = 1942,3 \text{ Pa}$$

Segue abaixo o gráfico 5 onde é apresentado as curvas do sistema/ventilador, assim como o ponto de trabalho.

Gráfico 5: Gráfico das curvas do sistema/ventilador



Fonte: Os autores

Simulação em software (solidworks)

- **Situação encontrada:** Conforme as figuras 38, 39 e 40 seguem as plotagens com dois braços extratores flexíveis sem o captor com transição proposto em análise, mostrando o comportamento da trajetória do fluxo de ar utilizando vazão disponível mínima de 2400 m³/h, assim como velocidades correspondentes.

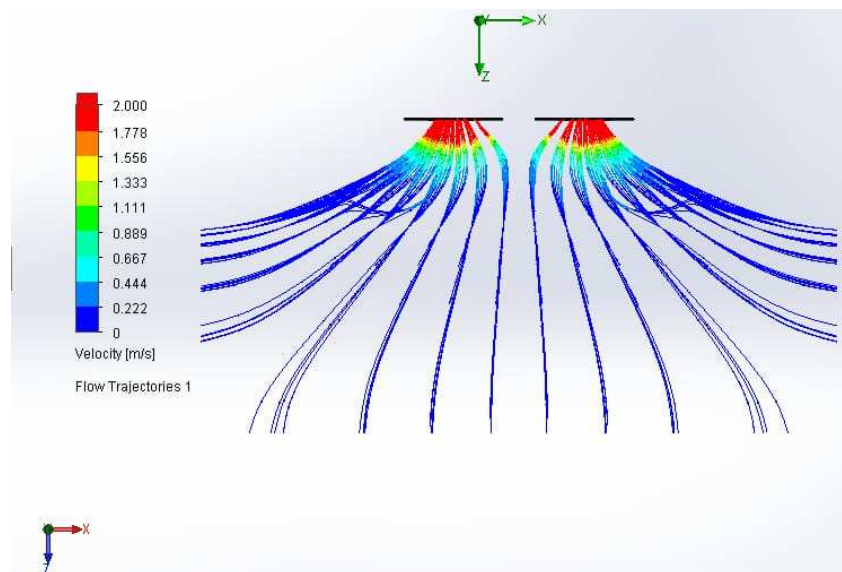


Figura 38: Vista superior

Fonte: Os autores

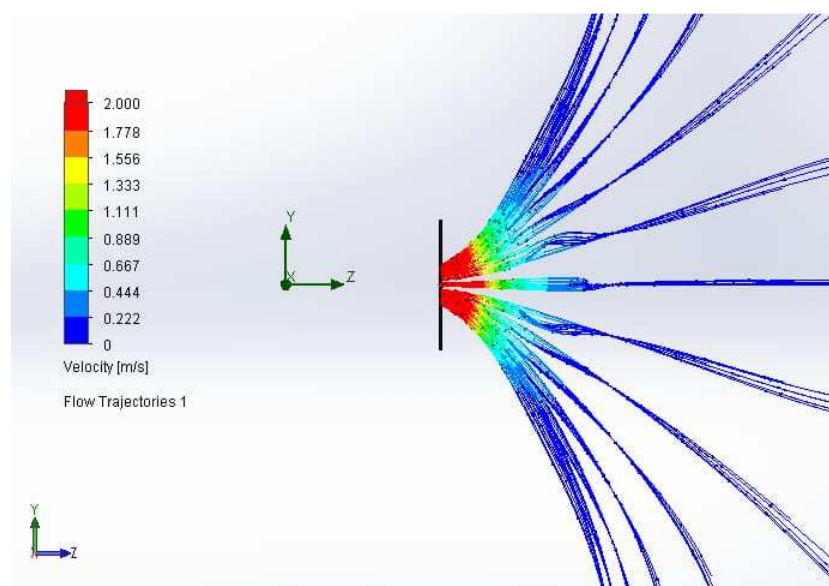


Figura 39: Vista lateral

Fonte: Os autores

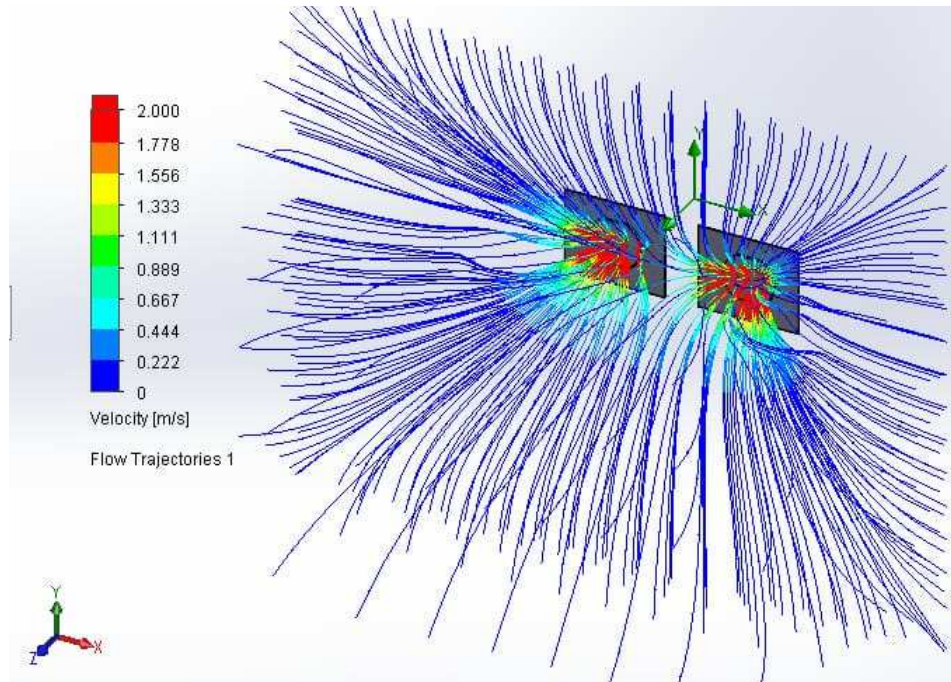


Figura 40: Vista frontal

Fonte: Os autores

- **Solução Proposta:** Conforme as figuras 41, 42 e 43 seguem as plotagens usando o captor com transição proposto em análise, mostrando o comportamento da trajetória do fluxo de ar utilizando vazão disponível mínima de $2400 \text{ m}^3/\text{h}$, assim como velocidades correspondentes.

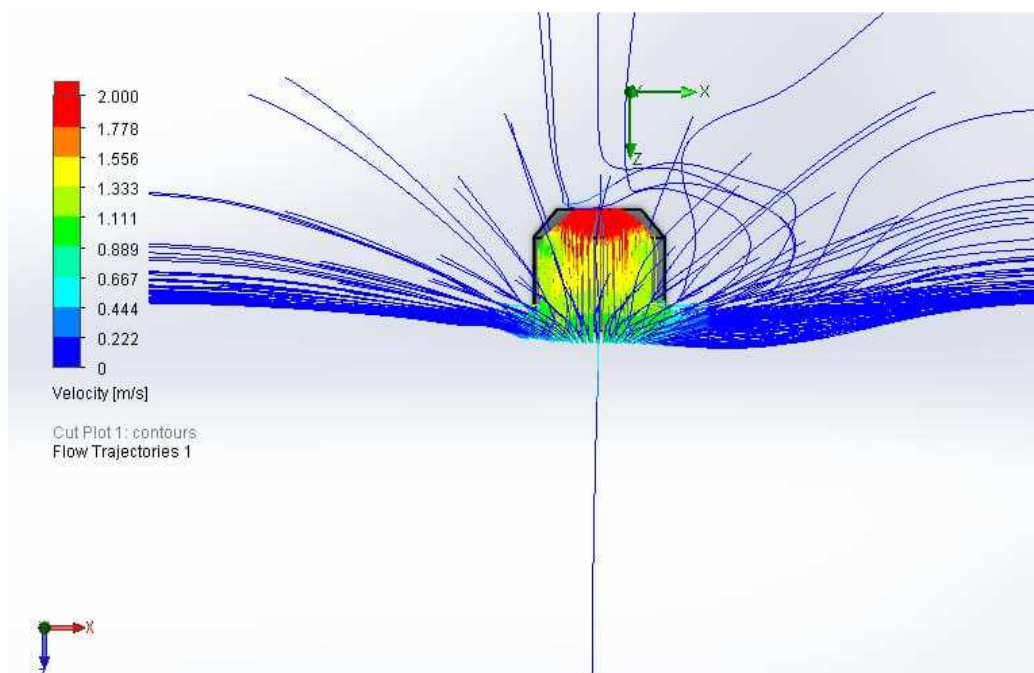


Figura 41: Vista superior

Fonte: Os autores

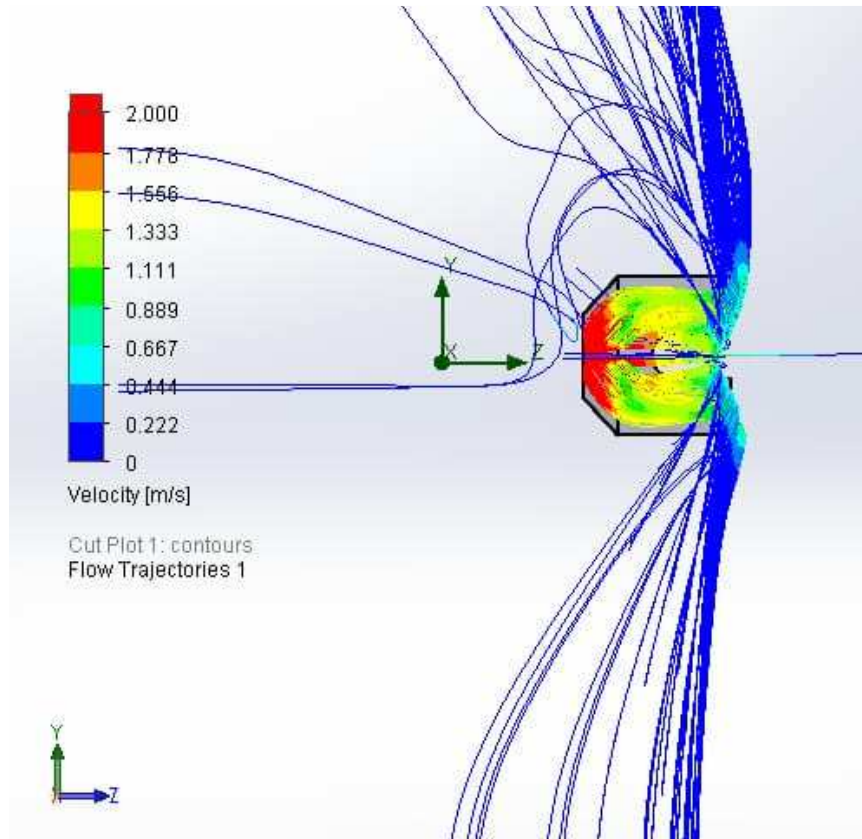


Figura 42: Vista Lateral

Fonte: Os autores

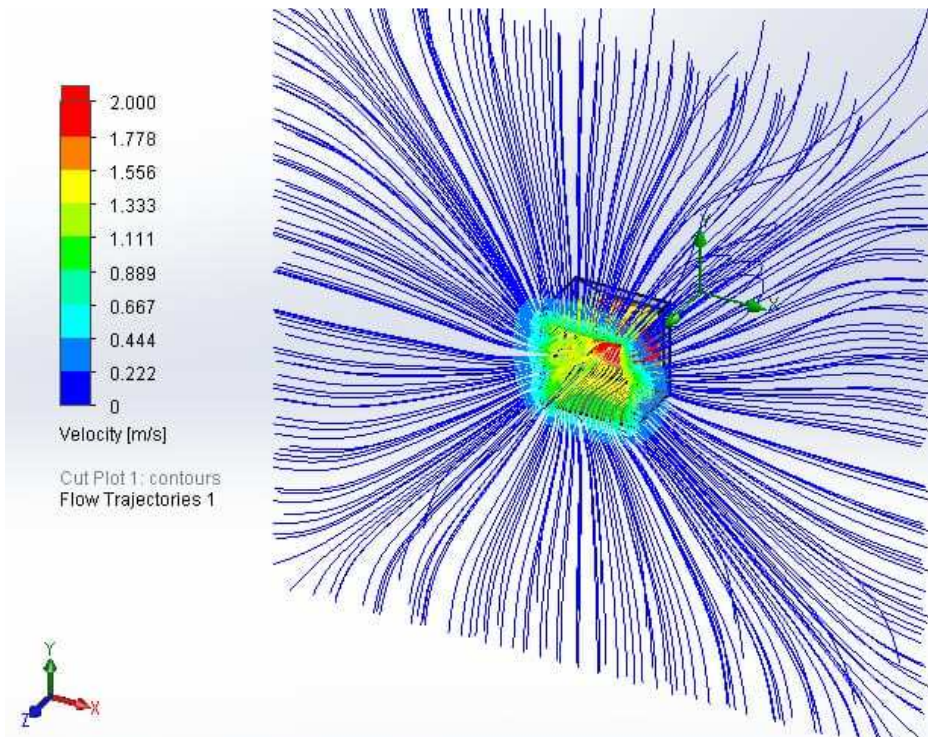
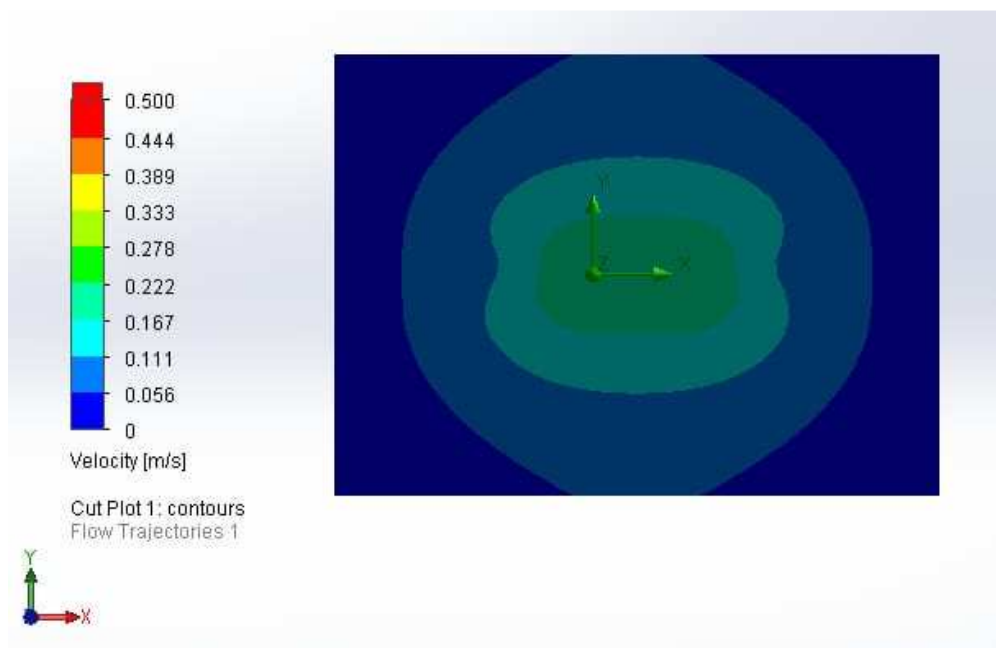


Figura 43: Vista frontal

Fonte: Os autores

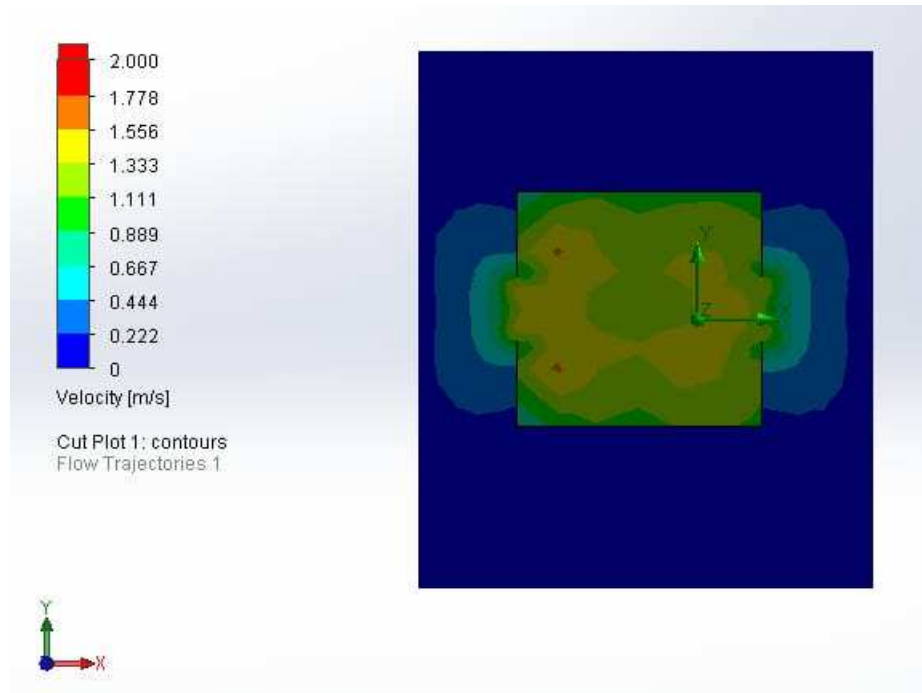
- **Gráfico Comparativo:** De acordo com as gráficos 6 e 7, foi criado um plano de referência exatamente no ponto da fonte geradora obedecendo à mesma distância até a face do bocal de exaustão, fazendo um confrontoamento entre as velocidades obtidas na situação encontrada e na solução proposta, evidenciando assim a diferença nos valores numéricos gerados.

Gráfico 6: Plotagem em corte (situação encontrada)



Fonte: Os autores

Gráfico 7: Plotagem em corte (solução proposta)



Fonte: Os autores

4.5 Solução Proposta

Confecção do novo captor

Fabricação (figura 44) e instalação (figura 45) de captor com transição que auxilie a captação dos fumos (figura 46).

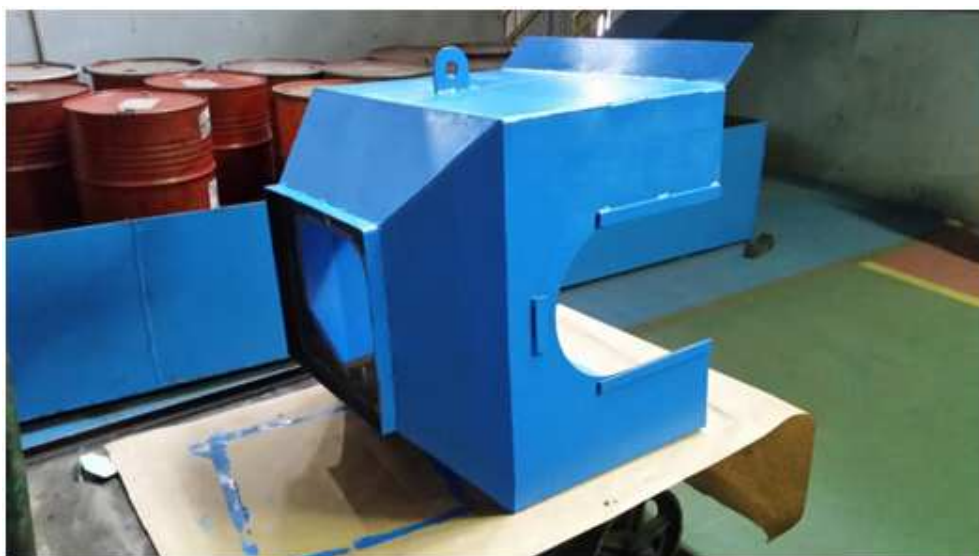


Figura 44: Captor sendo fabricado

Fonte: Os autores



Figura 45: Captor instalado

Fonte: Os autores

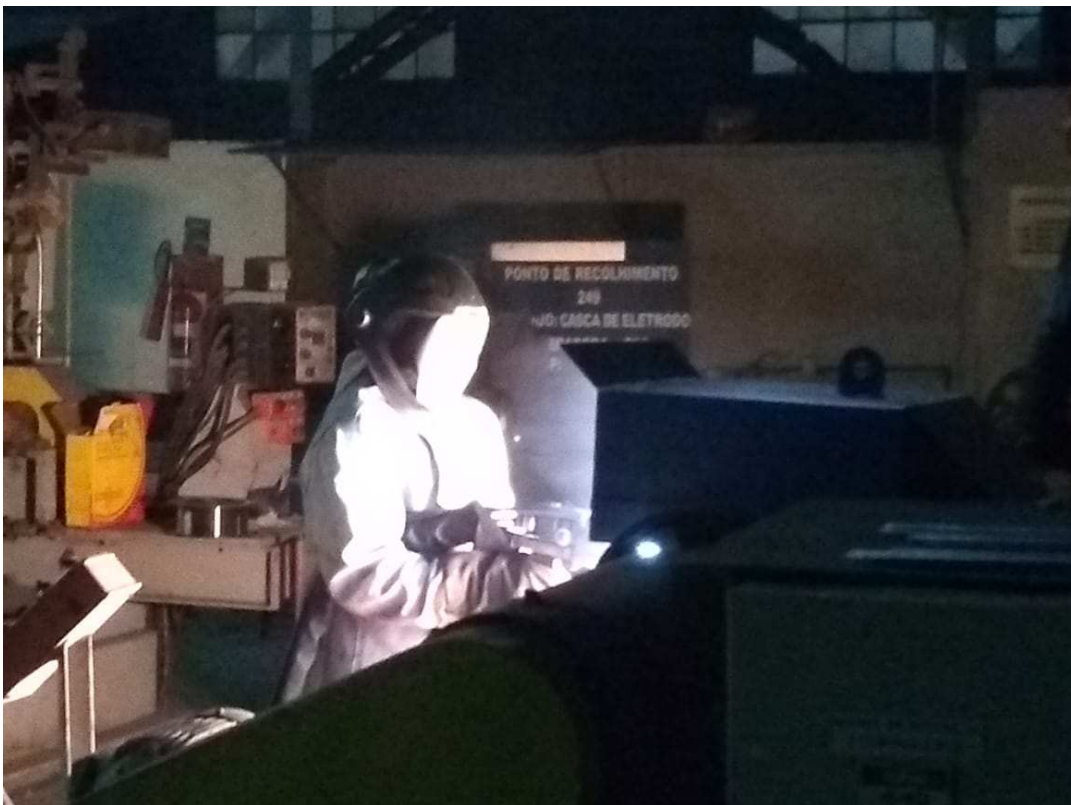


Figura 46: Captor em funcionamento

Fonte: Os autores

Limpeza e/ou substituição dos filtros

Retirada dos elementos filtrantes a princípio para limpeza (figura 47) com ar comprimido, sugerindo paralelamente a compra de imediato dos mesmos.



Figura 47: Filtro após limpeza

Fonte: Os autores

Instalação do horímetro

Instalar o horímetro (figura 48) para monitorar a necessidade de troca dos elementos filtrantes de acordo com o manual do fabricante, de acordo com o anexo A p. 24, fazendo a alteração necessária no plano de manutenção (figura 49) para que o executante tenha uma variável de controle como parâmetro, lembrando que o inspetor de manutenção deverá cumprir o planejamento de ronda no equipamento para que seja realmente monitorada a situação;



Figura 48: Horímetro instalado

Fonte: Os autores

Selecionar Atividade		Tp Contrato TP		Laudo	Prazo Laudo
Empresa	Empresa X TAG	HH	01	Não	Sem.
Setor	10 VOLTA REDONDA (RJ)	Revisão	Data da Revisão		
Sistema Operacional	587 OFICINA DE CALDEIRARIA E SOLDA	1	17/10/2018	SR->	Não
Unidade Operacional	200 MÁQUINA DE METALIZAR - Nº 200	Componente	EM TODA MP OS		
Sistema Funcional	010 SISTEMA MODULAR DE FILTRAGEM	Dimensões Atvd.	Risco		
Unidade Funcional	003 ELEMENTOS FILTRANTES No. MOC	NÃO CTRL.			
Atividade	000001 LIMPAR EM TODA MP OS ELEMENTOS FILTRA I.I. 3	Regime	Local Assoc.	Aviso	Sem.
		T4	Nenhum		
Compl. Desc. Atvd		Período			
EM CASO DE SUJIDADE, SEM DANDS E ABAIXO DE 6000 HORAS		Unidade	064	SEMANA	Real 32
Variável de Controle		Unidade	064	SEMANA	Est. 32
TMO	TEMPO	Quem Ativa			
Normal	Limite	Quem Gerencia	7372	50	05
ATÉ 6000 HORAS	6 MIL	Quem Executa	7372	55	01
Método		CBM			
VSD	VISAO	<input type="checkbox"/> Permitir geração extraordinária <input type="button" value="Config. Medições"/>			
	LMP	<input type="checkbox"/> Medição Configurada <input type="button" value="Copiar Config."/>			
Estado da Função		<input type="checkbox"/> Anexar Gabarito para Medições na RS			
FD	FORA OPER. DESENER	T7 Associada			
	MP	T8 Associada			
Modalidade		C. Custo Medida de Retorno			
MM	MECANICA				
<input type="button" value="Recursos"/> <input type="button" value="SAP-DMS 0"/> <input type="button" value="Componentes"/> <input type="button" value="FMECA"/> <input type="button" value="Características SF"/> <input type="button" value="Atvd. Excl. 0"/> <input type="button" value="Aplicar"/> <input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="Cancelar"/>					

Figura 49: Plano de manutenção da empresa X

Fonte: Empresa X

Reestruturação do plano de manutenção

Para que todos os atendimentos sejam registrados, afim de se criar um histórico de controle, com objetivo de se garantir registros futuros de manutenção, sejam atendimentos em preventivas ou emergências, foi consensado entre a equipe de solda e a de manutenção, que todas as atividades só seriam realizadas mediante a abertura de documento dentro do plano de manutenção, para que não se tenha falhas de controle como as que foram encontradas. Haja vista que dentro deste longo período entre 2012 e 2018, foram realizadas manutenções, porém não foram registradas no sistema erroneamente.

Fabricação de suporte para pistola

Para se garantir a direção de projeção do metal assim como a condição de ergonomia do soldador, será sugerida a fabricação e instalação de uma base para fixação (figura 50) e ajuste da pistola de aspersão.

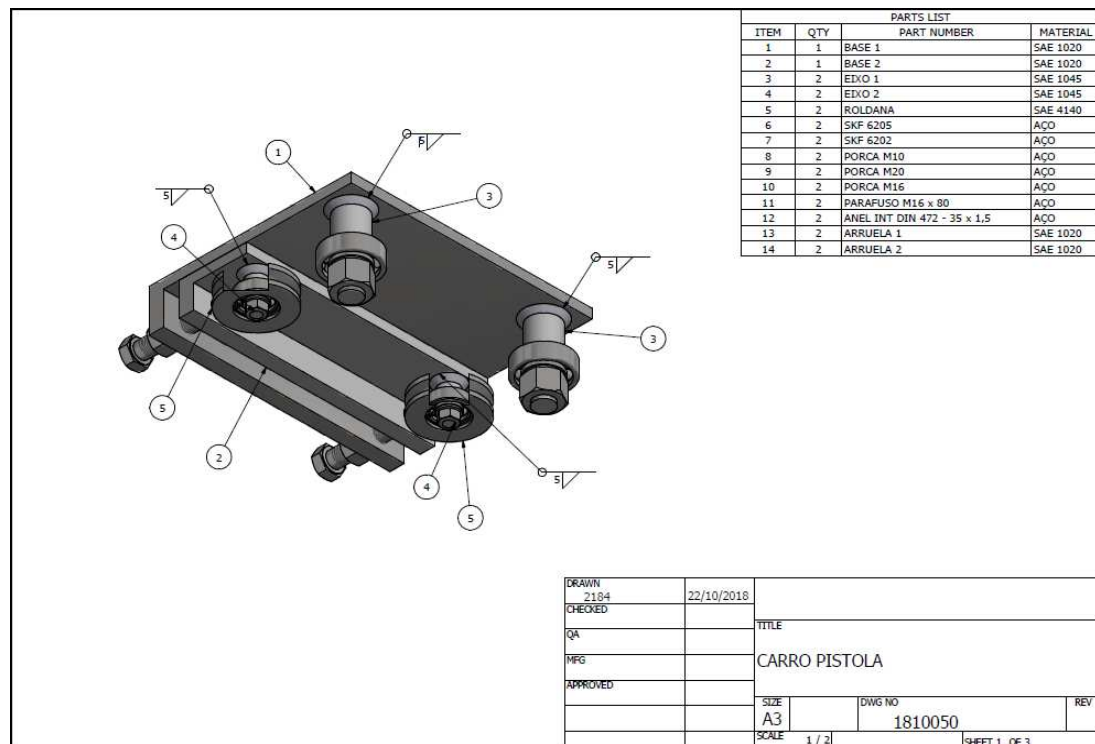


Figura 50: Suporte para pistola

Fonte: Os autores

Instalação de filtro de segurança

De acordo com o manual da Nederman anexo A p. 30 , fabricante do sistema de exaustão e filtragem em análise, é recomendável instalar um filtro de segurança considerado acessório, pois o sistema filtra e recircula o ar para dentro do próprio galpão em que se realiza a atividade de soldagem.

4.6 Orçamento

Diante do primeiro cenário encontrado, a solução mais óbvia seria a compra de mais uma unidade filtrante para atender a demanda, porém após estudos de engenharia foi percebido que haveria uma solução mais econômica e funcional para atender o sistema de forma satisfatória.

Valor de unidade filtrante Nederman

Segue conforme figura 51 o valor de R\$ 63.897,00 referente à compra de uma unidade filtrante modelo F30 no ano de 2012.

St.	Itm.	C.	I.	Material	Texto breve	Qty pedido	UMP	C.Dt.remissa	Preço/Un.	Moeda/por	U.PP	GrpMercs
	1	A		XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX356086	TRIO PARA FUMOS DE SOLDADURA Z21V	1	CDA	1 20.11.2012	63.897,00	BRL	1	CDA FILTRO REF

Figura 51: Valor de aquisição

Fonte: Empresa X

Valores da solução proposta

Chapa utilizada

A chapa utilizada (tabela 11) passa por um processo interno de pedido e aquisição de material (figura 52).

Tabela 11: Especificações da chapa utilizada

Nome básico	Chapa metálica
Nome modificador	Metálica
Material	Aço Carbono NBR 6650 GR CF-26
Acabamento	Lisa
Bordas	Não aparadas
Espessura	3,04 mm
Dimensões	1220 x 3240 mm
Peso por m ²	23,90 Kg/m ²
Requisitos adicionais	Ver OBS

Fonte: Os autores

Observações:

- fina a quente, com passe de laminação de acabamento;
- não decapada e não oleada;
- tolerância conforme ABNT NBR 11888;

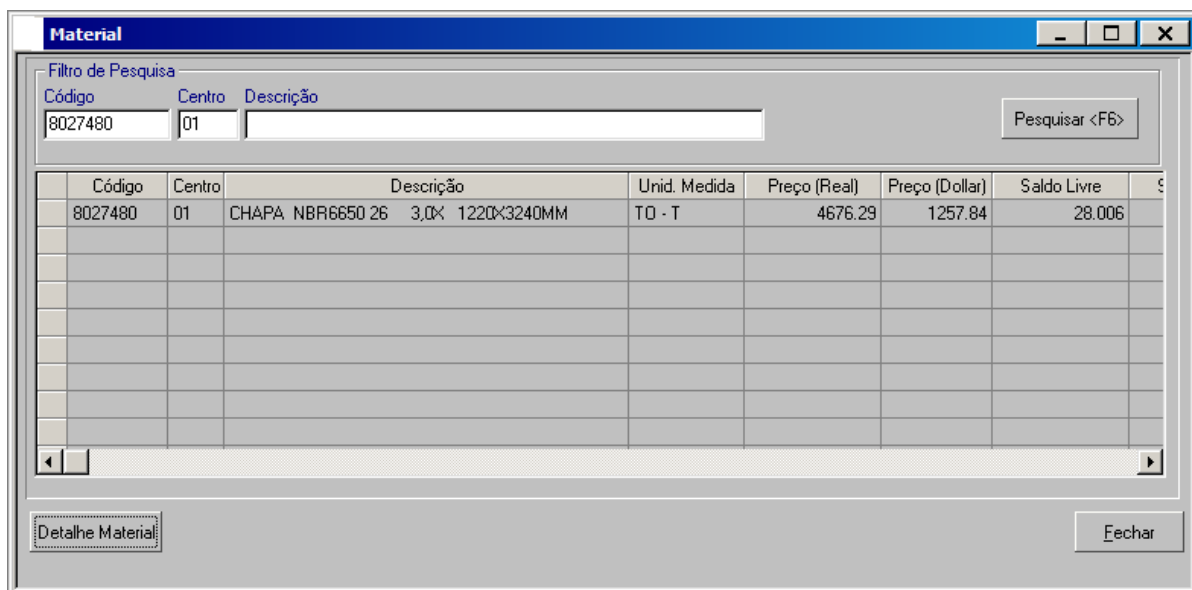


Figura 52: Sistema de materiais

Fonte: Empresa X, 2018

Valor da chapa

Área da Chapa [m²]

$$S = bxh$$

$$S = 1,22 \times 3,24$$

$$S = 3,95 \text{ m}^2$$

Massa da Chapa [Kg]

$$m = 23,90 \times 3,95$$

$$m = 94,41 \text{ Kg}$$

Logo,

$$1000 \text{ Kg} - R\$ 4676,29$$

$$94,41 \text{ Kg} - X$$

$$X = R\$ 441,50$$

Porém foram utilizadas 2 chapas, logo o valor total será de:

$$\text{CHAPA: R\$ 883,00}$$

Tempo e mão de obra do caldeireiro

Tempo Gasto: 20:00h

Homem Hora: R\$ 82,50

$$\text{MÃO DE OBRA: R\$ 1650,00}$$

Material de pintura

Foram utilizados para a pintura do novo captor tinta (figura 53), rolo de pintura (figura 54) e pincel (figura 55), para dar um melhor acabamento no produto final e uma melhor aparência para o mesmo.

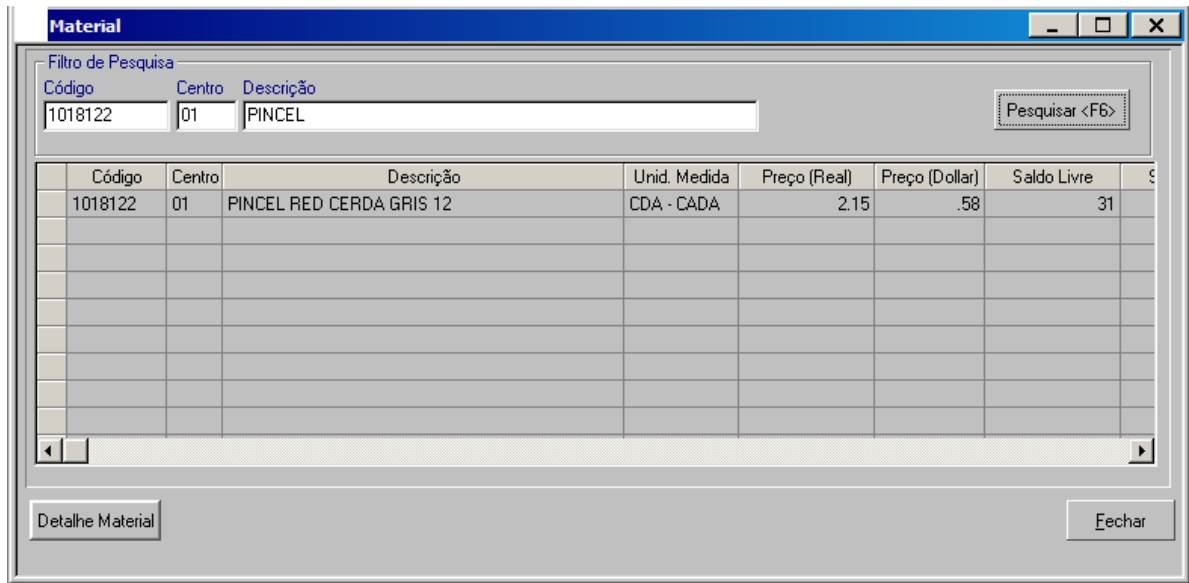


Figura 55: Sistema de materiais

Fonte: Empresa X, 2018

Suporte para pistola

Um suporte para pistola (figura 56) ajuda a não deixar o operador chegar a sua fadiga pelo tempo da operação.

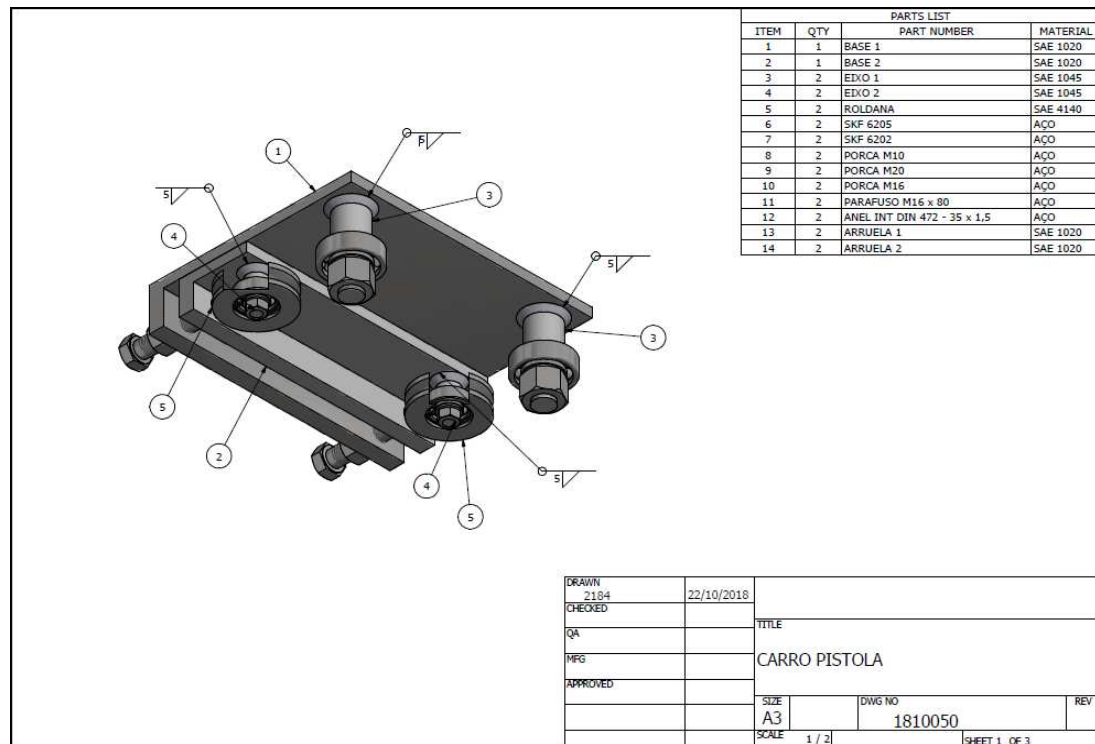


Figura 56: Desenho do suporte para pistola

Fonte: Os autores

Suporte para captor

Uma utilização de um suporte do captor (figura 57), acompanhando o movimento do suporte da pistola para peças, com comprimento maior que a entrada do captor, para a captação dos fumos ser eficiente de ponta a ponta do eixo.

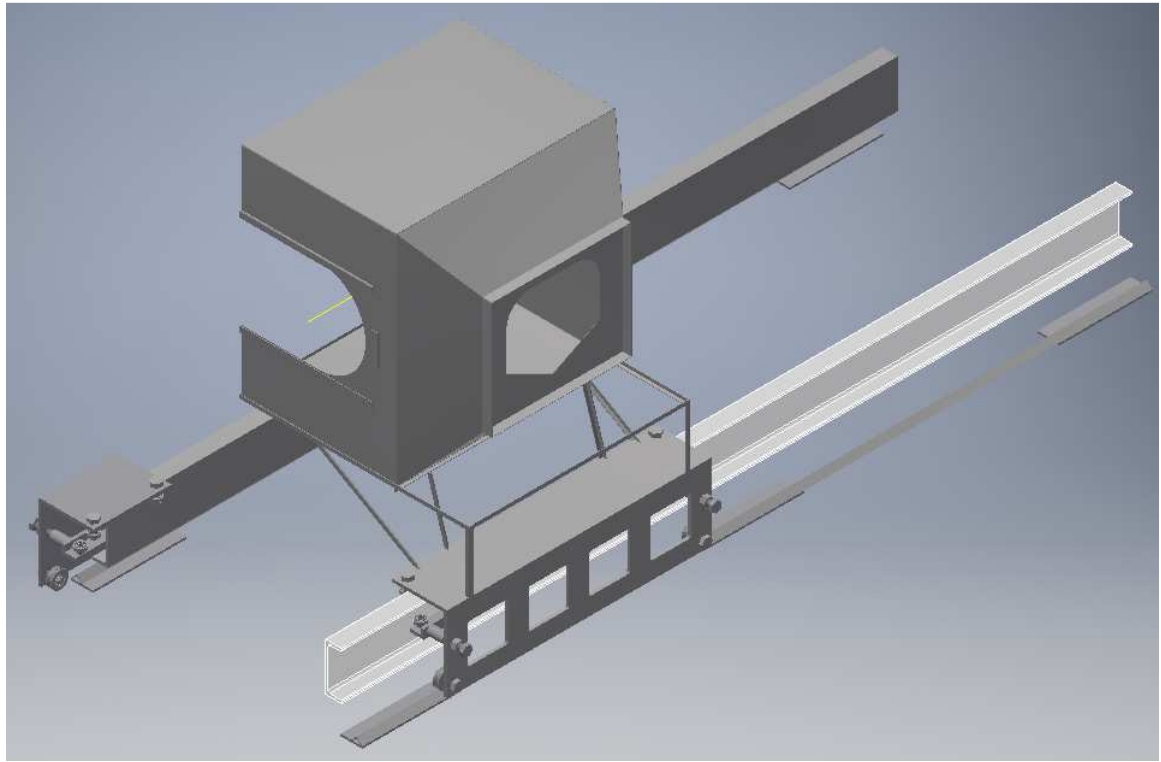


Figura 57: Desenho do suporte para captor

Fonte: Os autores

Horímetro

A instalação de um horímetro (tabela 12) se faz necessária devido à manutenção do sistema ter como parâmetro horas de funcionamento, portanto a aquisição de um aparelho totalizador de horas (figura 58) foi solicitada.

Tabela 12: Especificações do horímetro utilizado

Nome básico	Totalizador
Nome modificador	Horas
Tipo	Eletrônico
Display	Cristal Líquido
Dígitos do mostrador	8 dígitos
Reset	Remoto
Acionamento do reset	Tensão 12-220 VCA/VCC
Totalização	Tensão 12-220 VCA/VCC
Montagem	Externa
Dimensões	53x28 mm
Frequência	50/60 Hz
Alimentação	Bateria Lithium
Referência comercial	COEL-E520/55

Fonte: Os autores

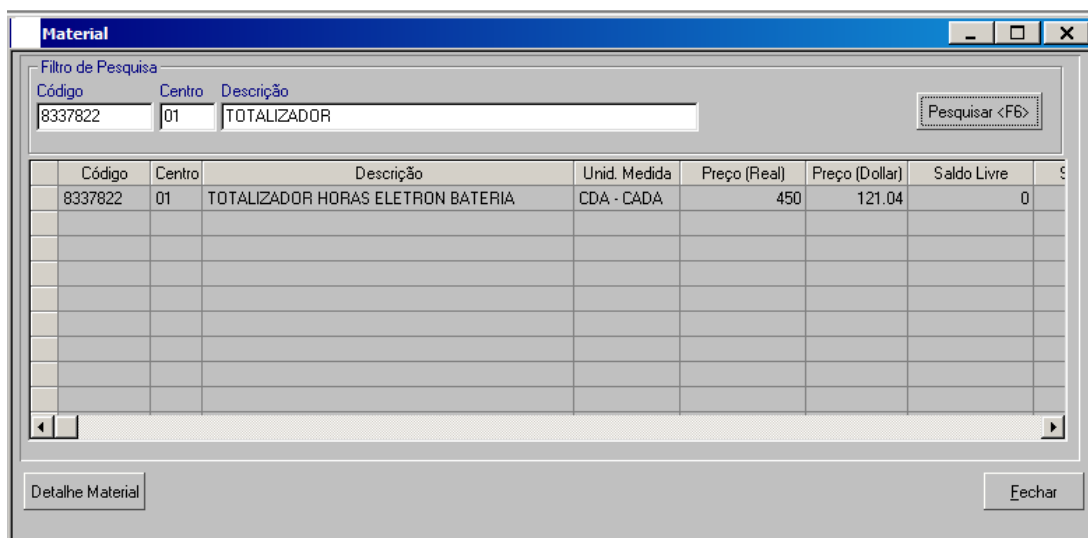


Figura 58: Sistema de materiais

Fonte: Empresa X, 2018

Tabela de valores

Os valores de materiais e mão de obra (tabela 13) para a produção do captor com transição.

Tabela 13: Valores da produção

Materiais/Serviços	Mão de Obra	Materiais	∑ = M.O/Materiais
Chapa	-	R\$ 883,00	R\$ 883,00
Captor	R\$ 1650,00	-	R\$ 1650,00
Tinta	-	R\$ 45,70	R\$ 45,70
Rolo	-	R\$ 2,35	R\$ 2,35
Pincel	-	R\$ 2,15	R\$ 2,15
Suporte para Pistola	R\$ 720,00	R\$ 300,00	R\$ 1020,00
Suporte para Captor	R\$ 1000,00	R\$ 350,00	R\$ 1350,00
Instalação (Manutenção)	R\$ 2560,00		R\$ 2560,00
Horímetro	R\$ 400,00	R\$ 450,00	R\$ 850,00
∑ =Total	R\$ 6330,00	R\$ 2033,20	R\$ 8363,20

Fonte: Os autores

5 CONCLUSÃO

As indesejáveis emissões de fumos relacionados a processos de soldagem, já são bem disseminadas nas indústrias para que se tenha ciência dos riscos que as mesmas podem trazer à saúde do colaborador. Portanto de acordo com a análise feita, pode-se perceber a gravidade do tema e buscar soluções para melhorar o local de trabalho.

Os dados encontrados evidenciaram que o sistema de ventilação local exaustora é o ideal quando se trata de contenção e filtragem de fumos, pois ele permitiu elaborar o projeto em todos os sentidos, ou seja, fazer análise de vazão necessária, velocidade de captura, perda de carga, dimensionar captor, duto e encontrar o ponto ideal de trabalho para o sistema.

A utilização da metodologia específica idealizada nas literaturas, assim como o ensaio técnico real e simulações de software, permitiu avaliar de forma visual e quantitativa, a superioridade na eficiência do novo projeto em relação ao existente, mostrando o aumento da velocidade de captura no ponto de geração em termos numéricos, a melhoria no desempenho da captação dos fumos com a instalação do captor local com transição e a economia de investimento de aproximadamente 87%, caso a empresa decidisse por fazer a aquisição de mais uma unidade filtrante para atender a demanda de vazão do projeto existente. Vale ressaltar que em todo tempo da análise, um dos grandes objetivos era não onerar a empresa, mantendo a competitividade no mercado industrial.

Tendo em vista a relevância da análise, sugere-se que toda equipe de manutenção responsável pelo equipamento, se sinta no dever de monitorar todos os pontos propostos, com o objetivo de garantir um ambiente saudável a todos os colaboradores envolvidos.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACGIH- American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Industrial Ventilation: A manual of Recommended Practice. Edition-1972.

ALÉ, Jorge Villar. Sistemas de Ventilação Industrial: Ventiladores. LSFM-FENG-PUCRS: 2001.

COSTA, Ennio Cruz. Ventilação. São Paulo: Ed. Blücher, 2005.

LISBOA, Henrique de Melo e SCHIRMER, Waldir Nagel. Controle da poluição atmosférica: Metodologia de controle da poluição atmosférica. Unidade VII. Montreal: 2007.

SILVA, Remy Benedicto. Ventilação mecânica. São Paulo: Grêmio Politécnico, 1980. 3ª Edição.

LISBOA, Henrique de Melo. Controle da poluição Atmosférica: Ventilação Industrial. Cap. VI. Montreal: 2007.

MACINTYRE, Archibald Joseph. Ventilação industrial e controle da poluição. 2ª.Ed. Rio de Janeiro: LCT, 1990.

NEDERMAN. Riscos e soluções para os fumos de solda. Disponível em: <<http://www.nederman.com.br/Downloads/MANUALSAUDESOLDADORES1.pdf>> Acesso em: 15 de julho de 2018.

NEDERMAN. Manual de instruções: FilterMax F – Extraction and filter systems. Disponível em: <[https://www.nederman.com/catalog-images/Item/18682/Original/pt-BR/instruction%20manual%20FilterMax%20F%20\(PT\)_31938.pdf](https://www.nederman.com/catalog-images/Item/18682/Original/pt-BR/instruction%20manual%20FilterMax%20F%20(PT)_31938.pdf)> Acesso em 15 de julho de 2018.

NEDERMAN. Centrifugal fan for industrial process ventilation. Disponível em: <https://z1.grr.object.ussignal.com/AMCA_PROD/CRP/4159/13060.0/Catalog/>

13060_Aproved%20Catalogs_9880022%2010%2002%20December%202009_2010_02_22.pdf> Acesso em 21 de setembro de 2018.

MOREIRA, Adson Bezerra. Análise da operação de sistemas de ventilação industrial visando à eficiência energética. Disponível em:

<<http://livros01.livrosgratis.com.br/cp055424.pdf>> Acesso em 20 de julho de 2018.

CASTOLIN EUTECTIC. Catálogo de equipamento de aspersão térmica. Disponível em: <<http://www.eutectic.com.br/catalogos/catalogo-metalizacao-arcspray.pdf>> Acesso em 7 de julho de 2018.

MULTIVAC. Catálogo de dutos flexíveis para sistemas de ventilação e exaustão. Disponível em: <http://www.multivac.com.br/wa_files/A-03_20MULTIVAC_20-20ALUDEC_2060.pdf> Acesso em 26 de agosto de 2018.

Disponível em:

<<http://www.quimis.com.br/equipamentos-laboratorio/imagens/informacoes/capela-exaustao-gases-01.jpg>> Acesso em 7 de julho de 2018.

Disponível em:

<https://http2.mlstatic.com/coifa-industrial-em-inox-para-seu-comercio-D_NQ_NP_693352-MLB25925820563_082017-F.jpg> Acesso em 7 de julho de 2018.

Disponível em:

<http://www.exhaustfarma.com.br/arquivos/aplicacao/arquivos/2/imagens/Lab_Clinico_02.jpg> Acesso em 7 de julho de 2018.

Disponível em:

<http://img.directindustry.com/pt/images_di/photo-g/112091-11080890.jpg> Acesso em 7 de julho de 2018.

Disponível em:

<https://www.nederman.com/catalog-images/Product/113/Original/ProductImage_265.jpg> Acesso em 8 de julho de 2018.

Disponível em:

<<http://www.beckins.com.br/assets/images/content/produtos-home-ar.jpg>>
Acesso em 9 de julho de 2018.

Disponível em:

<<http://www.airlinkfiltros.com.br/wp-content/uploads/2018/04/classificacao-de-filtros-filtragem-de-ar.pdf>> Acesso em 9 de julho de 2018.

Disponível em:

<http://www.serdigital.com.br/gerenciador/clientes/oasis2012/fotos/16_387.jpg>
> Acesso em 10 de julho de 2018.

Disponível em:

<<http://www2.feg.unesp.br/Home/PaginasPessoais/nestorproenzaperez/sfm-2014-aula-25.pdf>> Acesso em 10 de julho de 2018.

Disponível em:

<<http://www.dequi.eel.usp.br/~lmguiaraes/Diagrama%20de%20Moody.pdf>>
Acesso em 10 de julho de 2018.

Disponível em:

<<http://www.clubedasoficinas.com.br/wp-content/uploads/2013/07/1FOTO.jpg>> Acesso em 17 de julho de 2018.

Disponível em:

<<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/d9/FireExtinguisherABC.jpg/200px-FireExtinguisherABC.jpg>> Acesso em 17 de julho de 2018.

Disponível em:

<<http://initron.com.br/imagens/produtos-internas/cortinas-e-biombos-para-areas-de-soldagem-03.jpg>> Acesso em 17 de julho de 2018.

ANEXO A - Manual de Instruções FilterMax F

CE

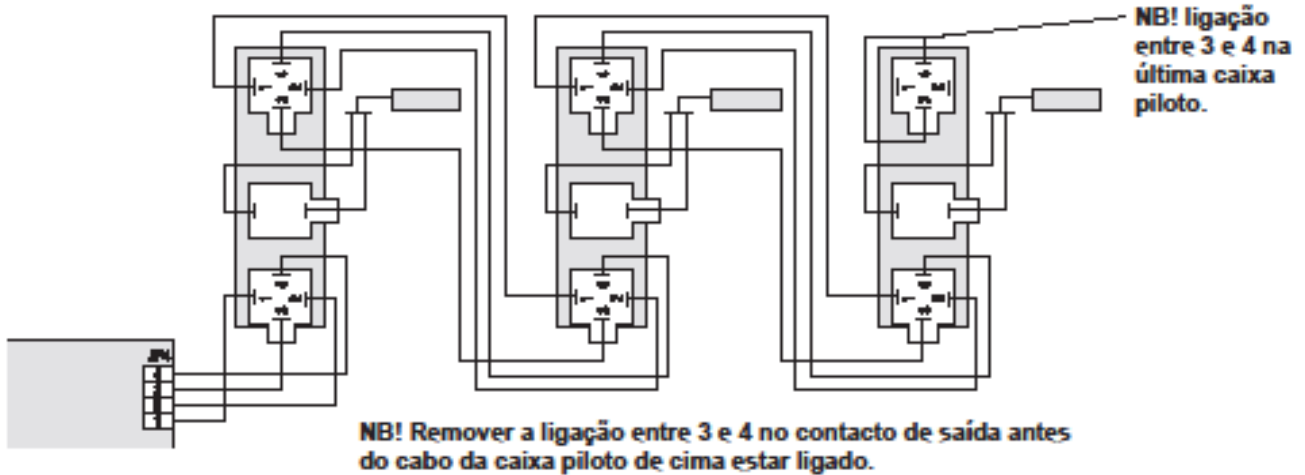


 **FILTERMAX**

F

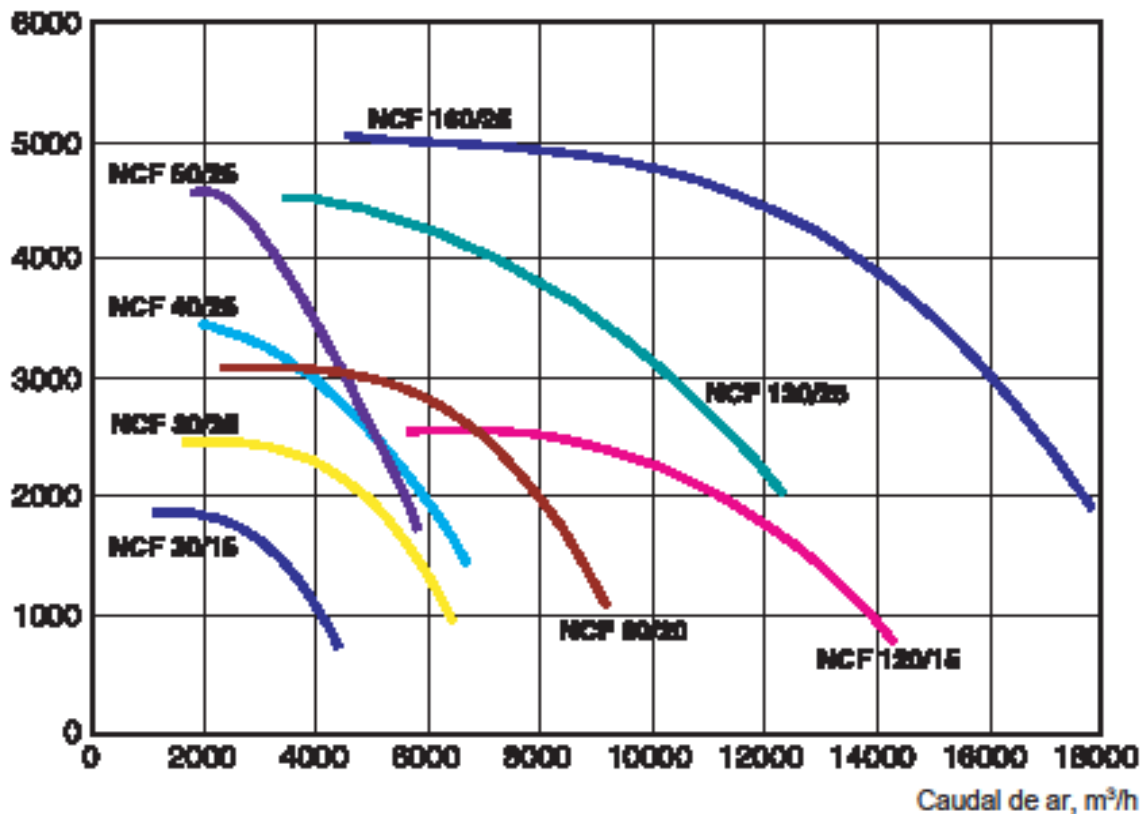
EXTRACTION AND FILTER SYSTEMS

LIGAÇÃO DE 2 OU 3 CAIXAS PILOTOS



VENTILADORES

Pressão total, Pa



Cada FilterMax F pode ser ligado a um ventilador já existente ou a um ventilador dimensionado para o sistema.

Pode seleccionar um ventilador da gama Nederman NCF. Favor contactar o seu

representante Nederman para dimensionar o ventilador adequado.

A perda de carga estimada para o filtro é de aproximadamente 1200 Pa.

INTERVENÇÕES DEPOIS DE 1000 HORAS OU EM CADA 6 MESES

- Verificar se todas as válvulas do sistema de limpeza funcionam correctamente. Conte o nº de pulsos de ar, 6 por módulo, o que significa 6, 12, ou 18 por ciclo.
- Remover os excessos de poeira da parte de baixo do lado limpo.

INTERVENÇÕES DEPOIS DE 2000 HORAS, UMA VEZ POR ANO OU QUANDO SUBSTITUIR OS CARTUCHOS FILTRANTES

- Desapertar a tampa de inspeção da peça de entrada. Verificar os vedantes. Limpar se necessário.
- Verificar se não existe água nos reservatórios de ar comprimido, abrindo os drenos na parte inferior de cada reservatório.
- Verifique os cartuchos filtrantes. Devem ser substituídos se as superfícies exteriores estiverem danificadas ou se o caudal de ar aspirado pelo Filtermax F for insuficiente devido à saturação dos cartuchos filtrantes não obstante as repetidas limpezas.
- Tome medidas contra eventuais sinais de corrosão, rebarbando, aplicando primário e tinta.
- Medir a ligação à terra (ver pág. 13)

GND1 - Entrada

GND1 - Tampa de limpeza da entrada

GND1 - Balde contentor de partículas

GND1 - Adaptador do contentor de partículas

GND1 - Cartuchos filtrantes

GND1 - Unidades filtrantes

GND1 - Portas



SUBSTITUIR OS ELEMENTOS FILTRANTES QUANDO DANIFICADOS OU COM FUNÇÕES INSUFICIENTES, MAS NO MÁXIMO ÀS 6000 HORAS DE SERVIÇO.

AVISO!

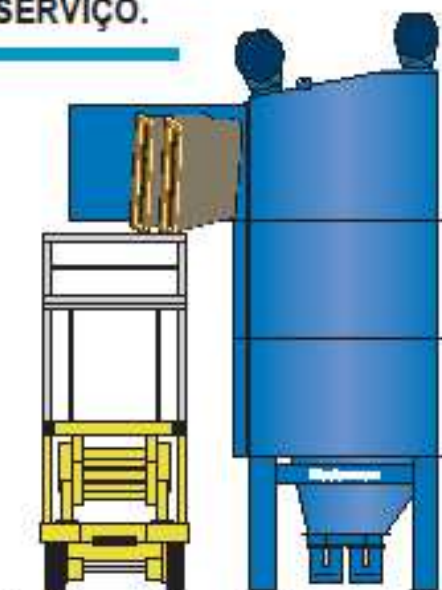
Risco de acidentes pessoais!

Para o FilterMax F com 2 ou 3 módulos (12 ou 18 cartuchos filtrantes), deve ser usada uma plataforma elevatória aprovada (ver figura) para mudar os cartuchos filtrantes.



Instruções para substituir os cartuchos filtrantes, ver a próxima página.

Depois de 6000 horas de serviço, verificar também se os cabos não estão danificados ou ligados incorrectamente.



ACESSÓRIOS

ENTRADA

Com porta de acesso para limpeza



Diâmetro de ligação	FilterMax FI Artigo nº	FilterMax FO Artigo nº
Ø 250 mm	12372070	12373581
Ø 315 mm	12372071	12373582
Ø 400 mm	12372072	12373583
Ø 500 mm	12372073	12373584

SAÍDA



Diâmetro de ligação	FilterMax FI Artigo nº	FilterMax FO Artigo nº
Ø 315 mm	12372057	12373585
Ø 400 mm	12372058	12373586
Ø 500 mm	12372059	12373587

CONTENTORES DE POEIRAS

Todos os kits incluem adaptador e pernas para extensão.

	FilterMax FI Artigo nº	FilterMax FO Artigo nº
Kit contentor 2 x 40 l	12372140	12373881
Kit contentor 2 x 100 l, com rodas	12372067	12373897
Contentor, 40 l		12373898
Contentor, 100 l inclui tampa		12373899

KIT PARA CONTROLE DA QUEDA DE PRESSÃO dP

É usado para supervisionar a limpeza de modo a torná-la mais eficiente. Em aplicações com cargas intermitentes, poupa no consumo de ar comprimido. Equipado com alarme avisador de alta queda de pressão no filtro.

Artigo nº 12373803

FILTRO REGULADOR

É usado para regular a pressão correcta de ar comprimido. Filtra o ar comprimido de poeiras, protegendo as válvulas. Deve ser instalado no tubo de abastecimento de ar comprimido em local onde não congele.

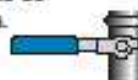
Artigo nº. 12372084



VÁLVULA DE FECHO PARA AR COMPRIMIDO

Para ser instalada na linha de abastecimento de ar comprimido. É usada para desligar o abastecimento de ar comprimido, antes de fazer qualquer intervenção no sistema.

Artigo nº 12372083



MANÓMETRO

Mede a queda de pressão originada pelos elementos filtrantes. É instalado numa das pernas do Filtermax.

Artigo nº 12372063



INTERRUPTOR DE PRESSÃO PARA AR COMPRIMIDO

Protege o filtro de danos resultantes do uso sem ar comprimido. Não deve ser instalado em áreas com risco de explosão.

Artigo nº 12372142



INTERRUPTOR DE PRESSÃO

(Não é produto Nederman). É usado para indicar baixo caudal ou alta queda de pressão no filtro.

REGISTO PARA LIMPEZA FINAL

(Não é produto Nederman). Este registo fecha a conduta antes da entrada no Filtermax para prevenir o eventual regresso da poeira à oficina, empurrada pelos pulsos de ar comprimido, através da conduta, quando o filtro faz a limpeza final, com o ventilador desligado. Deve ser montado próximo da entrada do Filtermax.

FILTRO DE SEGURANÇA

É recomendado se o ar for recirculado para dentro da oficina. Contacte o representante Nederman para mais informação.