

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

FERNANDO EMÍLIO CORADI

**INSTALAÇÃO DE SISTEMA DE EXAUSTÃO NAS MÁQUINAS DE
SOLDA PLASMA**

**EPMI
ESP/EST-2010
C81i**

**São Paulo
2010**

FERNANDO EMÍLIO CORADI

**INSTALAÇÃO DE SISTEMA DE EXAUSTÃO NAS MÁQUINAS DE
SOLDA PLASMA (AGENTES CONTAMINANTES: COBALTO, NÍQUEL
E CROMO HEXAVALENTE)**

Monografia apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do título de
especialista em Engenharia de
Segurança do Trabalho.

**São Paulo
2010**

Aos meus pais por tudo que eles
fizeram, e ainda fazem por mim.

A minha namorada Hélida, pela
paciência e compreensão.

AGRADECIMENTOS

Ao Engº Reinaldo Soriano por ter me concedido a oportunidade, e ter me incentivado a fazer este curso.

Aos meus amigos de sala de aula, que foram verdadeiros irmãos e me ajudaram muito nessa difícil caminhada.

Ao Engº Rodrigo Coelho pela compreensão apresentada e por ter me apoiado para conclusão deste estudo.

RESUMO

Este trabalho apresenta a elaboração de projeto e instalação de um sistema de monitoramento (exaustão mais filtragem) em máquinas de solda por plasma em uma unidade fabril automobilística. Foram feitos estudos para a seleção do melhor sistema de exaustão disponível no mercado sem que o mesmo afetasse o processo de solda. Foram observadas as normas de segurança e saúde ocupacional, com relação ao limite de tolerância para emissão de poeira metálica, bem como os requisitos ambientais vigentes com relação ao padrão de descarte desejável para material particulado, cromo, níquel e cobalto. Ainda foram observados e respeitados os procedimentos internos da companhia no que diz respeito a emissões atmosféricas. Optou-se por instalar um sistema de monitoramento via úmida, lavador de gases tipo torre de pratos, levando-se em consideração o menor risco ocupacional apresentado ao funcionário durante a execução de manutenções, a facilidade de se executar as manutenções, a não geração em grande quantidade de resíduo perigoso classe 1 (classificação conforme NBR 10.004), e por se entender que ambientalmente, este tipo de equipamento é o mais eficiente disponível no mercado. Optou-se por realizar a sucção pela parte inferior da máquina em função da necessidade de se interferir o mínimo possível no processo de soldagem. Verificou-se através dos resultados dos exames periódicos ocupacionais realizados nos funcionários que trabalham nas máquinas de solda plasma, que a concentração no organismo dos metais cobalto, níquel e cromo, apresentaram valores menores após alguns meses de funcionamento do sistema de exaustão. Os efluentes atmosféricos captados pelo sistema de monitoramento apresentaram níveis de emissão muito abaixo dos limites de tolerância; da mesma forma se apresentou a geração de poeira metálica monitorada com a finalidade de prevenção da saúde e da integridade física dos trabalhadores.

Palavras-chave: Sistema de Monitoramento. Limites de Tolerância. Poeira Metálica. Emissões Atmosféricas.

ABSTRACT

This paper presents the project design and installation of a monitoring system (more exhaust filtering) in plasma welding machines in an automotive plant. Studies were made for the selection of the best exhaust system available on the market without the same affects the welding process. We observed the standards of occupational health and safety, with respect to the tolerance limit for the issuance of metallic dust, and environmental requirements in force regarding the disposal desirable standard for particulate matter, chromium, nickel and cobalt. Were still observed and respected the company's internal procedures with regard to atmospheric emissions. We decided to install a monitoring system via wet gas scrubber tower type of plates, taking into account the lower occupational hazard presented to the employee during the performance of maintenance, ease of performing the maintenance, non-generation large amount of hazardous waste Class 1 (classification according to NBR 10.004), and environmentally because it is understood that this type of equipment is the most efficient available. We chose to perform the suction from the bottom of the machine according to the need to interfere as little as possible in the soldering process. It was verified by the results of periodic examinations conducted in occupational employees who work on welding machines plasma, the concentration in the body of the metals cobalt, nickel and chromium, showed lower values after some months of operation of the exhaust system. The atmospheric emissions captured by the surveillance system had emission levels well below the tolerance limits, the same way if presented the generation of metallic dust tracked with the aim of preventing health and physical integrity of workers.

Keywords: Monitoring System. Tolerance Limit. Metallic Dust. Atmospheric Emissions.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Máquina de solda por plasma	19
Figura 2 – Componentes do sistemas de ventilação local exaustora	24
Figura 3 – Principais tipos de captadores	26
Figura 4 – Captor tipo coifa com dimensões e condições sugeridas pela ACGIH	27
Figura 5 – Influência da direção do fluxo de ar de exaustão sobre o trabalhador	28
Figura 6 – Ação do enclausuramento na área de emissão e fluxo do ar de captação dos poluentes	28
Figura 7 – Influência da densidade do poluente na localização do captor.....	29
Figura 8 – Fluxo de ar para captadores externos.....	30
Figura 9 – Fórmula de vazão para diversos captadores	31
Figura 10 – Efeito da vazão na captação dos poluentes.....	32
Figura 11 – Lavador de gases tipo torre de pratos.....	38
Figura 12 – Princípio de funcionamento do lavador de gases tipo pratos.....	39
Figura 13 – Exemplo de Bioreator.....	39
Figura 14 – Alternativa de equipamentos de controle de poluição do ar.....	40
Figura 15 – Tipos de ventiladores e rotores.....	41
Figura 16 – Tipos de chaminés	42
Figura 17 – Pó depositado no fundo da máquina.....	50
Figura 18 – Uso do pincel para limpeza do pó.....	51
Figura 19 – Chapa perfurada instalada no fundo da máquina.....	51
Figura 20 – Coletor de pó tipo moega.....	52
Figura 21 – Saco plástico instalado junto à moega para armazenamento do resíduo.....	52
Figura 22 – Material retido no teste de granulometria.....	54
Figura 23 – Lavador de gases tipo torre de pratos.....	56
Figura 24 – Tubulações e mangotes	56
Figura 25 – Área de contenção de efluentes líquidos do lavador de gases	57
Figura 26 – Canaletas em torno da área de contenção que conduzem os efluentes líquidos para ETEL	57
Figura 27 – Montagem do lavador de gases vertical.....	58
Figura 28 – Vista frontal do sistema de monitoramento em montagem.....	58

Figura 29 – Vista lateral do sistema de monitoramento montado.....	59
Figura 30 – Vista frontal do sistema de monitoramento montado.....	59
Figura 31 – Entrada da tubulação dentro da área produtiva.....	60
Figura 32 – Mangotes lançados até as máquinas.....	60
Figura 33 – Mangotes fixados nas derivações da tubulação.....	61
Figura 34 – Visão geral dos mangotes, partindo da tubulação e fixada às moegas..	61
Figura 35 – Moega onde os mangotes flexíveis são ligados.....	62
Figura 36 – Sucção do sistema pela parte inferior da máquina.....	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Limites de tolerância.....	45
Tabela 2 – Empresas que participaram da concorrência.....	55
Tabela 3 – Monitoramento ocupacional nas máquinas de PTA linha Waukesha.....	63
Tabela 4 – Monitoramento ocupacional nas máquinas de PTA linha Preparo II.....	63

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Valores para velocidade de controle ou de captura.....	30
Quadro 2 – Velocidade de transporte de partículas em dutos.....	33
Quadro 3 – Perda de carga em cotovelos.....	34
Quadro 4 – Perda de carga em junções.....	34
Quadro 5 – Perda de carga em chapéus.....	35
Quadro 6 – Eficiência de coletores de material particulado em função de distribuição de tamanho das partículas (em porcentagem).....	37
Quadro 7 – Categoria de risco das normas de higiene do trabalho.....	46
Quadro 8 – Dimensões físicas da fonte monitorada.....	49
Quadro 9 – Teste de granulometria do material particulado.....	53
Quadro 10 – Comparação dos resultados da amostragem.....	66

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Monitoramento atmosférico de material particulado.....	64
Gráfico 2 – Monitoramento atmosférico de cromo hexavalente.....	64
Gráfico 3 – Monitoramento atmosférico de níquel.....	65
Gráfico 4 – Monitoramento atmosférico de cobalto.....	65

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CFM	Cubic Feet per Minute
CH ₄	Metano
CIPA	Coletor Isocinético de Poluentes Atmosféricos
CL ₂	Cloro
CO	Monóxido de Carbono
CO ₂	Dióxido de Carbono
ECP	Equipamento de Controle de Poluição
EPA	Environmental Protection Agency
EPI	Equipamento de Proteção Individual
ET	Potência Requerida pelo Ventilador
ETEL	Estação de Tratamento de Efluentes Líquidos
FPM	Feet per Minute
H ₂ S	Gás Sulfídrico
HCL	Gás Clorídrico
HF	Gás Fluorídrico
INSS	Instituto Nacional e Seguro Social
LT	Limite de Tolerância
MP	Material Particulado
N ₂	Nitrogênio
NBR	Norma Brasileira Registrada
NH ₃	Amônia
NHT	Normas de Higiene do Trabalho
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health
NR	Norma Regulamentadora
N _{RM}	Potência Requerida pelo Motor
PPRA	Programa de Prevenção de Riscos Ambientais
PTA	Plasma Transferred Arc
SGSST	Sistema de Gestão em Segurança e Saúde no Trabalho

SST	Segurança e Saúde no Trabalho
SVLE	Sistema de Ventilação Local Exaustora
TAB	Testes, Ajustes e Balanceamento
TLV	Threshold Limit Values
TWA	Time Weighted Average
USEPA	United States Environmental Protection Agency

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	16
1.1 JUSTIFICATIVA DO TRABALHO.....	17
1.2 OBJETIVOS.....	18
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
2.1 MÁQUINA DE SOLDA PLASMA.....	19
2.2 ASPECTOS TOXICOLÓGICOS DO COBALTO, NÍQUEL E CROMO.....	20
2.2.1 Cobalto.....	20
2.2.2 Cromo.....	21
2.2.3 Níquel.....	22
2.3 VENTILAÇÃO LOCAL EXAUSTORA.....	23
2.4 CAPTORES.....	24
2.5 DUTOS.....	32
2.6 EQUIPAMENTOS DE CONTROLE DE POLUIÇÃO DO AR.....	35
2.7 CONJUNTO VENTILADOR – MOTOR – CHAMINÉ.....	40
2.8 AVALIAÇÕES DE SISTEMAS DE EXAUSTÃO.....	43
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	44
3.1 INSTRUMENTOS E PROCEDIMENTOS PARA AMOSTRAGEM OCUPACIONAL.....	44
3.1.1 Metodologia de Avaliação para Poeiras Metálicas.....	44
3.1.2 Aspectos Legais.....	44
3.1.3 Instrumentos Utilizados.....	44
3.1.4 Metodologia de Avaliação.....	44
3.1.5 Métodos Empregados.....	45
3.1.6 Critérios de Avaliação.....	45
3.1.7 Interpretação dos Resultados.....	46
3.2 INSTRUMENTOS E PROCEDIMENTOS PARA AMOSTRAGEM AMBIENTAL.....	46
3.2.1 Sumário dos Métodos.....	46
3.2.2 Equipamentos Utilizados.....	48
3.2.3 Estratégias de Amostragem	48

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	50
4.1 DISCUSSÕES E IMPLANTAÇÃO DE MELHORIAS.....	50
4.2 RESULTADOS DA AVALIAÇÃO OCUPACIONAL DOS AGENTES AMBIENTAIS (COBALTO, NÍQUEL E CROMO).....	62
4.3 RESULTADOS DA AVALIAÇÃO ATMOSFÉRICA (MATERIAL PARTICULADO, CROMO HEXAVALENTE, COBALTO E NÍQUEL).....	63
5 CONCLUSÕES.....	67
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68
ANEXO A.....	70
ANEXO B.....	72

1 INTRODUÇÃO

A preocupação com a segurança e saúde do trabalhador não é algo recente. Muitos homens sempre estiveram expostos a situações desumanas de trabalho, com empregadores interessados somente no aumento de capital, sem a preocupação com o bem estar do trabalhador. Acidentes eram reportados, sem maiores importâncias. Quando estes números alcançaram um valor elevado e tornaram-se alvos de críticas e preocupações, medidas começaram a ser tomadas. Mas foi após a revolução industrial, do século XIX, quando houve um crescimento quase fora de controle, que o assunto tornou-se evidência e as maiores evoluções aconteceram (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2008).

Nesse sentido, no século XXI já se percebe uma grande movimentação em direção ao prevencionismo, com a criação de programas e de Sistemas de Gestão de Saúde e Segurança no Trabalho (SGSST). Significa que, com isso, o mero “cumprimento da lei” está sendo deixado para trás, e a real preocupação com o trabalhador está sendo vista como um investimento, já que, em um ambiente saudável e seguro, há ganho de produtividade, bem-estar e menos casos de afastamento por doenças ou acidentes.

Contudo, muitas empresas, principalmente de pequeno porte, ainda tendem a criar soluções simples, fáceis, e de baixo custo, sem análises e projetos prévios. Basicamente, fornecem Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) diante da simples visualização do agente danoso. Programas de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRAs) são feitos apenas para constar como documento legal, enquanto a real análise, com o uso de instrumentação correta e adequada e estratégias de amostragem, são deixadas de lado.

É notório que nesse sentido é necessário que haja também o empenho por parte de todos da empresa, para que as medidas tomadas sejam realmente efetivas. Lima (2002) destaca que o estabelecimento oficial de uma política de Saúde e Segurança no Trabalho (SST) promove um maior comprometimento e envolvimento do corpo gerencial, para que as mudanças solicitadas para melhoria da qualidade do ambiente de trabalho sejam de fato colocadas em prática. A avaliação e o monitoramento dos riscos devem ser realizados periodicamente para que ações corretivas sejam tomadas ou para que se verifique a eficiência das medidas

adotadas. As inspeções feitas pela própria empresa podem ser eficientes e, para isso há a necessidade de treinamento de seus funcionários para a apresentação dos equipamentos e como os mesmos devem ser operados.

Para a avaliação da toxicologia de substâncias químicas, deve-se levar em consideração os efeitos combinados nos casos de exposição a mais de uma substância. Fatores como ruído, e calor podem exercer papel importante na resposta do organismo sob exposição a agentes químicos. Assim, esses agentes físicos devem ser controlados, pois isoladamente podem não causar danos, mas em conjunto com agentes químicos, há possibilidade de gerarem efeitos adversos à saúde (ROBINSON, MACDONELL, 2004). No Brasil, apesar da legislação em muitos pontos defasada, as leis têm proporcionado inúmeras formas de punição a empresários negligentes. No entanto, a fiscalização deficiente acaba por incentivar a falta de investimentos na área de prevenção, o que amplia os riscos para a saúde e a segurança dos operadores.

Segundo Pereira (2004), o número de representações enviadas ao Ministério Público relacionadas ao descumprimento de normas relativas à higiene ocupacional ainda é pouco expressivo quando comparado a outros órgãos como os de fiscalização tributária. Uma maior cooperação entre o Ministério do Trabalho e Emprego e o Instituto Nacional do Seguro Social (INSS) poderia melhorar esse panorama com a viabilização de trocas de informações e avaliação da origem das doenças trabalhistas.

1.1 JUSTIFICATIVA DO TRABALHO

No Brasil a constituição federal determina o pagamento de adicionais de insalubridade em caso de exposições acima dos limites de tolerância estabelecidos. A comprovação, por meio de avaliação quantitativa, da exposição do trabalhador a um determinado agente deve ser determinada com instrumentos específicos para cada caso. Após a realização de avaliações quantitativas antes da instalação do sistema de exaustão nas máquinas de solda plasma, foi verificado que os limites de tolerância para os agentes químicos cobalto, níquel e cromo foram ultrapassados em níveis relevantes, apresentando assim um ambiente insalubre aos funcionários que

ali executam suas atividades. Existe, portanto, uma necessidade iminente de implantação de ações visando à melhoria da qualidade do ambiente de trabalho.

1.2 OBJETIVOS

O objetivo desse trabalho é minimizar ou eliminar a exposição dos trabalhadores aos agentes químicos cobalto, níquel e cromo durante a operação da máquina de solda plasma em uma indústria do ramo automobilístico. Para alcançar este objetivo, a proposta é a instalação de um sistema de exaustão e filtragem via úmida em todas as máquinas de solda plasma.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 MÁQUINA DE SOLDA PLASMA

Conhecida também como solda de PTA. PTA é a abreviação de "Plasma Transferred Arc", que traduzido do inglês significa "Plasma de Arco Transferido". Tipo de solda que é feita através de arco transferido, usando matéria prima em forma de pó. O plasma é o 4º estado da matéria, pois, não é considerado sólido, líquido nem gasoso. Trata-se de um processo muito interessante para a indústria, porque na região onde ocorre o plasma, é possível liberar uma grande quantidade de energia em um ponto muito pequeno quando o gás utilizado é ionizado. A temperatura nesta região pode chegar a 15.000 °C.

Normalmente se usa como gás de proteção o argônio, pois o processo é feito com atmosfera inerte. A máquina de solda por plasma utiliza matéria prima à base de cobalto, níquel e cromo em pó, depositando este material nas sedes nas válvulas, no caso específico dessa unidade, tornado assim esta região mais resistente a impactos e atritos. Durante o processo de soldagem, uma grande quantidade de pó é gerada na máquina como resíduo. Pela composição deste resíduo, o mesmo representa um grande risco à saúde dos funcionários. A Figura 1 (máquina de solda por plasma) apresenta um modelo de máquina de solda por plasma.

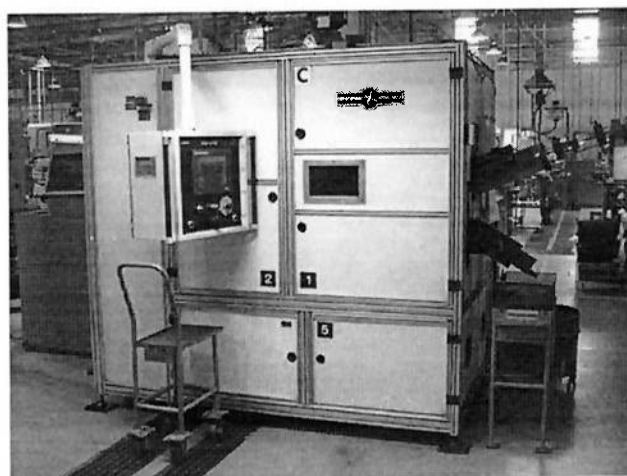


Figura 1 - Máquina de solda por plasma.

2.2 ASPECTOS TOXICOLÓGICOS DO COBALTO, NÍQUEL E CROMO

2.2.1 Cobalto

Segundo Goyer (1995) o cobalto é um metal branco-acinzentado com propriedades magnéticas similares ao ferro e ao níquel. A principal utilização industrial do cobalto é na produção de ligas metálicas, nas quais a exposição ocorre durante o processo de moagem do minério, mistura do pó com os outros componentes, sinterização e posterior usinagem do aço na produção de ferramentas e peças para maquinários, tais como brocas e discos para polimento. Um terço do cobalto é utilizado na produção de outras formas químicas, como catalisadores e pigmentos.

Embora historicamente a toxicologia dos metais se refira a efeitos agudos, atualmente este tipo de efeito é relativamente raro, devido aos conhecimentos de toxicidade que vão se renovando e aos critérios de prevenção adotados em saúde ocupacional (Salgado, 1996). De acordo com a atividade desenvolvida pelo trabalhador, a exposição ocupacional pode ser ao pó do metal puro e/ou a poeiras contendo óxidos ou sais de cobalto. A exposição ocupacional envolve principalmente o trato respiratório e a pele, sendo o órgão alvo dependente da via de exposição.

Diferentes tipos de reações podem afetar tanto o trato respiratório superior como também a árvore brônquica e o parênquima pulmonar. O efeito no trato respiratório superior ocorre ou como resultado de ação irritativa de partículas contendo cobalto, ou por intermédio de reação mediada imunologicamente. Em trabalhadores expostos, pode-se observar inflamação da nasofaringe ou rinite alérgica. Em alguns trabalhadores foi observada asma ocupacional devido à exposição a poeiras de metal duro, efeito decorrente da sensibilidade ao cobalto.

Em se tratando de pele, Wilk-Rivard (2005) observou que a exposição ao cobalto provoca aumento progressivo dos casos de dermatite, sugerindo que o cobalto pode provocar eczema e urticária. Reações dérmicas também já foram observadas em trabalhadores que produziam sais e óxidos de cobalto.

2.2.2 Cromo

O cromo é um elemento encontrado naturalmente nas rochas, solo, plantas, animais, poeiras e gases vulcânicos. Ele está presente no ambiente de várias formas. As mais comuns são cromo, cromo trivalente (III) e cromo hexavalente (VI). O cromo (III) existe naturalmente no ambiente e é um nutriente essencial para o organismo promover a ação da insulina nos tecidos para a metabolização de açúcares, gorduras e proteínas pelo organismo; pode ser produzido também industrialmente. Os compostos de cromo, principalmente as formas de cromo trivalente (III) e cromo hexavalente (VI) produzidos pelas indústrias químicas são usados para atividades de galvanização, manufatura de tintas e pigmentos, curtimento de couros e como preservativos de madeira. Pequenas quantidades são usadas como toner para máquinas copiadoras, inibidores de corrosão e ferrugem.

As pessoas podem ser expostas ao cromo através da inalação de ar, ingestão de água, solo ou alimentos contendo cromo, ou pelo contato da pele com compostos de cromo. O cromo (VI) é absorvido pelo organismo mais facilmente que o cromo (III), porém é transformado neste quando dentro do organismo. Partículas de cromo podem se depositar nos pulmões, e, quando em vias aéreas inferiores, podem ser absorvidas para a corrente sanguínea. Posteriormente pode ser eliminado pelos rins em alguns dias. A maior parte do cromo que é ingerido não é absorvida pelo intestino, sendo eliminada através das fezes. Uma pequena quantidade, cerca de 0,4 – 2,1%, passará através da membrana intestinal para a circulação sanguínea. O cromo pode ser dosado no cabelo, urina e sangue.

O cromo (VI) é mais tóxico que cromo (III). Quando inalado na forma de ácido crômico ou trióxido, o cromo (VI) pode causar lesão da mucosa nasal como úlcera e perfuração do septo nasal, entre outros. Exposição crônica está associada a câncer de pulmão em trabalhadores expostos a níveis, no ar, cerca de 100 a 1.000 vezes maiores do que os naturalmente existentes. O câncer pode ocorrer muitos anos após a exposição ter cessado. Ingestão de grandes quantidades de cromo (VI) pode causar úlceras, convulsões, lesão renal e hepática e mesmo morte. O cromo (VI) também causa lesões da pele como reações alérgicas, úlceras e irritações cutâneas. (Copper, 2006)

2.2.3 Níquel

De acordo com Remião (2007), a saúde do homem e dos outros seres, assim como o meio ambiente é influenciada pelo níquel. Este tem um papel fisiológico no organismo. Em pequenas quantidades, o níquel é necessário ao organismo do homem e dos outros animais. Não é um composto tóxico cumulativo mas, quando as quantidades ultrapassam as requeridas este torna-se prejudicial. O homem está exposto ao níquel através do ar que respira, da água ingerida e com a qual tem contato, do fumo dos cigarros, e ingere-o diariamente em alimentos como cocos, alguns frutos secos, nabos, chocolate, gorduras e flocos de aveia que têm altos níveis de níquel em sua constituição. As quantidades ingeridas, diariamente, são cerca do triplo das que necessitamos mas são níveis seguros.

Mesmo em casos, devido à dieta adaptada, em que os valores atingem 100 - 300 µg/dia, não surgem graves problemas de toxicidade. Os próprios utensílios de cozinha e alguns detergentes libertam níquel contribuindo, significativamente, para a sua ingestão diária. Outra fonte de níquel é o cigarro, que se acumula diretamente a nível pulmonar (2 - 23 µg níquel/dia podem resultar de se fumar 40 cigarros num dia). O níquel proveniente desta via pode levar a irritação respiratória e, mesmo a pneumonias.

Pessoas que estão expostas a elevados níveis deste composto, durante mais de quatro horas, podem vir a ter consequências devido a uma elevada toxicidade, quer a nível pulmonar quer a nível gastrointestinal. O níquel e seus compostos são, primordialmente, absorvidos pelo trato respiratório, detendo-se neste, e em pequena extensão pelo trato gastrointestinal, de acordo com a dissolução e recaptação celular. Estes problemas de toxicidade surgem porque o homem como os outros animais, não têm enzimas que usam o níquel. Quase todos os casos de toxicidade aguda causada pelo níquel em humanos resultam da exposição ao carbonilo, subsulfido ou óxido de níquel.

Remião (2007) assinala que os efeitos iniciais envolvem dores de cabeça frontais, vertigens, náuseas, vômitos, insônias, irritação do trato respiratório e, posteriormente, sintomas pulmonares semelhantes a uma pneumonia viral. As lesões pulmonares patológicas incluem, hemorragias, edemas e desarranjo celular. O fígado, rins, glândula adrenal, baço e o cérebro também são afetados. No entanto, é

a pneumonia intersticial difusa e o edema cerebral a maior causa de morte. Os efeitos crônicos, como rinites, sinusites, perfurações naso-septal, nasal displasia e asma surgem mais em trabalhadores de refinarias e de chapas de níquel por estarem, diariamente, expostos a elevados níveis. Sintomas nefrotóxicos como, edema renal e degeneração parenquimatosa também foram revelados em trabalhadores com exposição industrial ao níquel carbonilo. Já os efeitos transitórios de nefrotoxicidade surgiram após ingestão de sais de níquel.

O níquel também é um agente sensibilizante causando dermatites de contacto nas pessoas mais sensíveis. O níquel e seus compostos ainda podem ser carcinogênicos quando em concentrações muito superiores às que o organismo consegue suportar, apesar de ainda não se saber exatamente o porquê. Também podem surgir problemas de fertilidade e no desenvolvimento do feto, (má formação a nível ocular, quistos pulmonares, hidronefroses, deformações nos ossos).

2.3 VENTILAÇÃO LOCAL EXAUSTORA

O sistema de ventilação local exaustora (SVLE) é composto pelos seguintes elementos: captosres, ventiladores, coletores e rede de dutos conforme pode ser observado na figura 2 (componentes do sistema de ventilação local exaustora). O captor é uma peça ou dispositivo especialmente projetado para enclausurar o contaminante e estabelecer uma corrente de ar para o seu interior, pela manutenção da diferença de pressões entre o ar ambiente e o ar existente no interior do captor. O objetivo do captor é criar uma corrente de ar com velocidade de captura na fonte do contaminante (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, 2005).

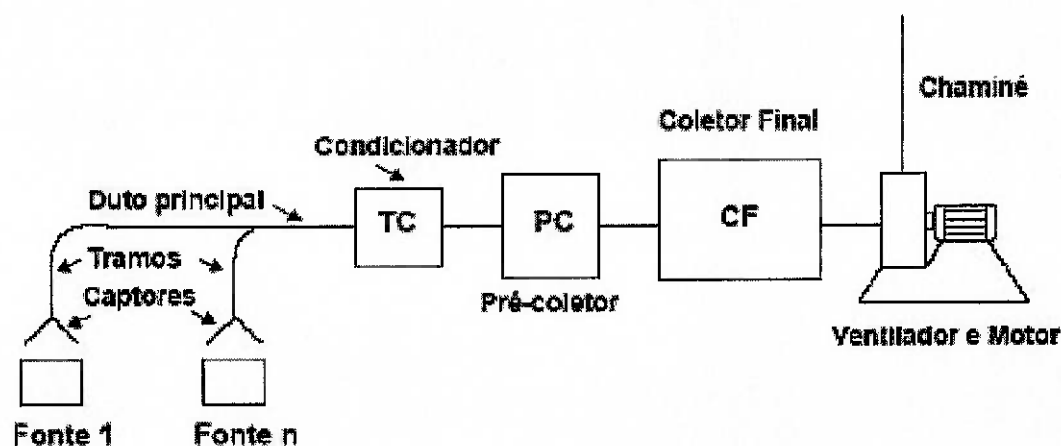


Figura 2 - Componentes do sistema de ventilação local exaustora. (Universidade de São Paulo, 2008)

Os ventiladores são máquinas de fluxo em que o meio operante é um gás que normalmente é o ar. Podemos compará-los em parte com as turbinas hidráulicas, bombas centrífugas e axiais. Como equipamentos normalmente são montados em um conjunto moto-gerador, sendo chamado conjunto moto-ventilador.

Os dutos devem correr seguindo a distribuição das máquinas poluentes através da planta e layout, interligando seus respectivos captores ao coletor, ventilador exaustor e chaminé de descarga. A configuração final da linha de dutos dependerá também das características e singularidades arquitetônicas da edificação.

2.4 CAPTORES

A captação é um ponto fundamental do sistema. Este não atingirá seus objetivos se não houver uma captação adequada dos poluentes. No projeto deste componente estão envolvidos os seguintes fatores: escolha do tipo e geometria dos captores; posicionamento do captor em relação à fonte; velocidade de captura requerida para captar o poluente no ponto mais desfavorável; determinação da vazão de captação; requisitos de energia do captor. (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, 2005). Os captores são usualmente classificados quanto à sua forma e posição relativa à fonte, conforme relacionado a seguir:

- **CAPTOR ENCLAUSURANTE** - são os captosres que envolvem a fonte de poluição, ou seja, a emissão dos poluentes acontece dentro do captor. Neste tipo de captor existem aberturas pequenas (frestas) para entrada do ar de exaustão.
- **CAPTOR TIPO CABINE** - são captosres similares aos enclausurantes, mas que se diferenciam pela maior área aberta para entrada do ar de exaustão. Exemplo típico são as cabines com exaustão utilizadas em operações de pintura a revólver.
- **CAPTOR EXTERNO** - são os captosres posicionados externamente à fonte. Esses captosres devem induzir, na zona de emissão dos poluentes, correntes de ar em velocidade suficiente para a captação e condução dos poluentes para dentro do captor. Podem ser do tipo lateral, superior ou inferior. O captor tipo coifa é um exemplo típico de captor externo superior.
- **CAPTOR RECEPTOR** - são os captosres colocados estrategicamente no sentido de movimentação dos poluentes, de forma a receber naturalmente o fluxo de poluentes induzido pela própria operação poluidora, como por exemplo, os gases quentes de fornos.

Os diversos tipos de captosres são apresentados na Figura 3 (principais tipos de captosres). A seleção do tipo de captor ideal para uma determinada fonte poluidora dependerá do tipo de fonte, toxicidade do poluente emitido, restrições de espaço, condições operacionais, etc. Deve-se ter como regra geral que o melhor captor é aquele que capta com a eficiência desejada, não ocasiona problemas para a operação da fonte e para a movimentação de pessoas, materiais e equipamentos na área. Deve apresentar a menor perda de carga, necessitando da menor vazão de captação, sendo os dois últimos fatores importantes sob o ponto de vista de custo do sistema e custo operacional.

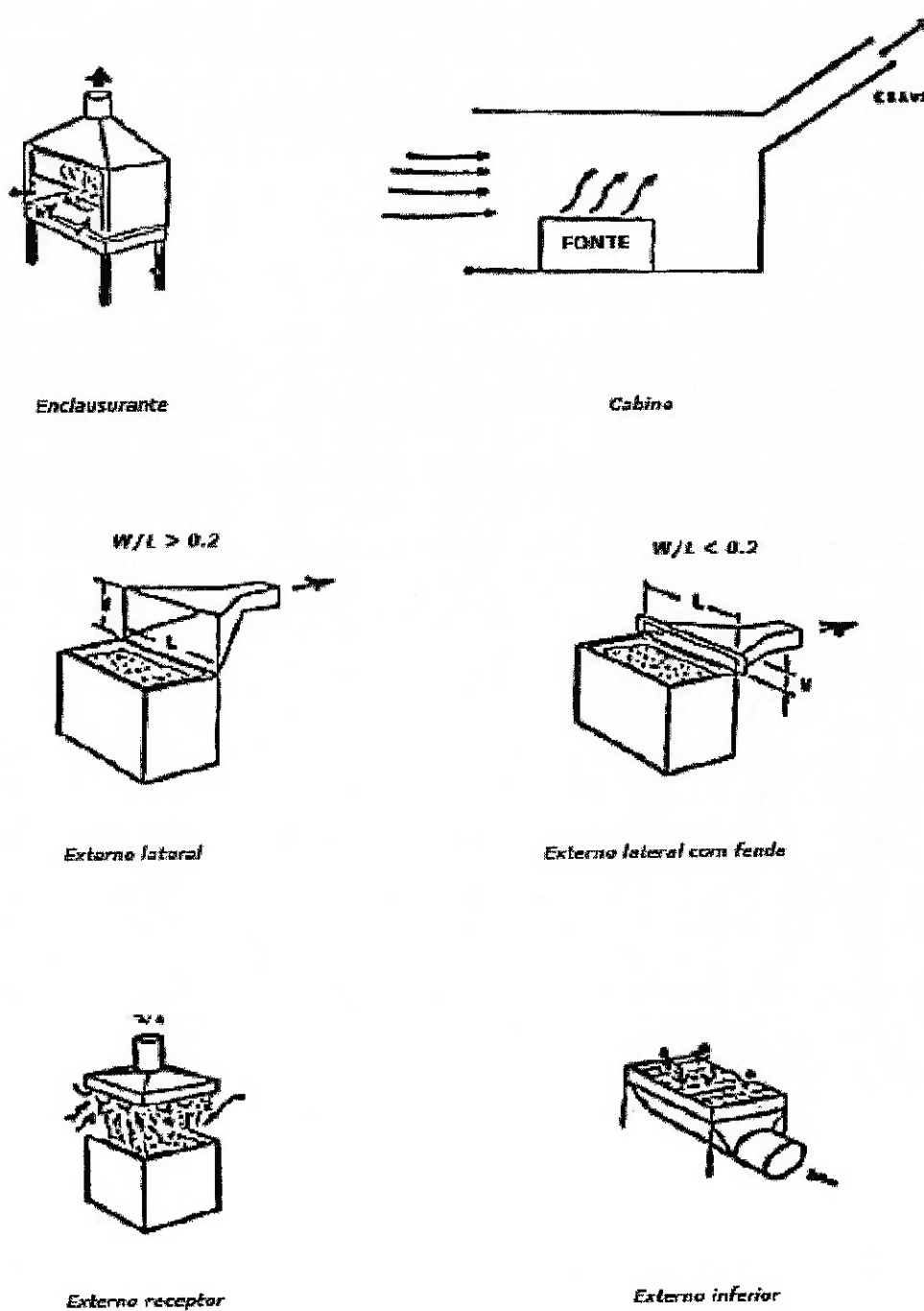
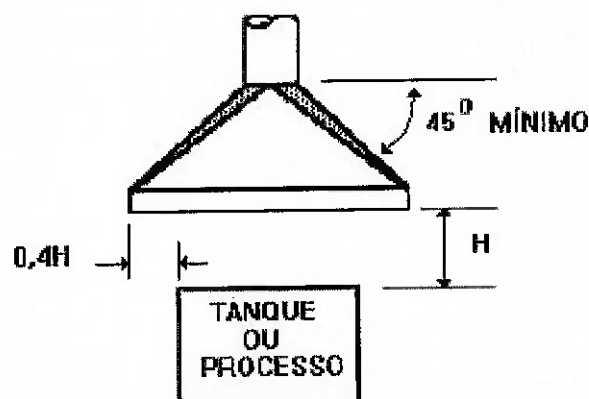


Figura 3 - Principais tipos de captores (Mesquita, A.L.S.. Engenharia de Ventilação Industrial, 2005).

Na Figura 4 (captor tipo coifa com dimensões e condições sugeridas pela ACGIH) está mostrado o captor tipo coifa com sugestões de dimensões e condições conforme ACGIH.



FÓRMULA DA VAZÃO: $Q = 1,4 P.v.H$

onde P é o perímetro do tanque, e v é a velocidade de captura e H a distância da base da coifa até a borda superior da fonte conforme mostrado na figura.

PERDA DE ENTRADA: $\Delta PE = 0,25 \times PCd$

onde PCd é a pressão cinética do duto conectado ao captor.

Não deve ser utilizado quando o material é muito tóxico e o operário precisa curvar-se sobre o tanque.

Figura 4 - Captor tipo coifa com dimensões e condições sugeridas pela ACGIH (Industrial Ventilation).

O captor deve ser colocado o mais próximo possível da fonte poluidora. Isso promove melhor captação a uma vazão menor (menor custo operacional). Ressalte-se ainda que, quanto maior for a distância do captor à fonte, maior será a possibilidade de ação de correntes transversais de ar (vento), existentes no ambiente que agirão no sentido de prejudicar o encaminhamento dos poluentes para o captor. A direção do fluxo dos poluentes captados pelo sistema de exaustão em relação ao operador da fonte é importante do ponto de vista de proteção à exposição a altas concentrações.

A Figura 5 (influência da direção do fluxo de ar de exaustão sobre o trabalhador) mostra a diferença da direção do fluxo de ar no caso de captosres laterais e captosres tipo coifa. O fluxo de ar induzido, ainda sem os poluentes, no caso do captor lateral, passa primeiro pela zona respiratória do operador, arrasta os poluentes e então se dirige para o captor. No caso de coifas, o operador pode ficar sujeito a altas concentrações de poluentes ao se curvar para retirada ou colocação de peças em um tanque, por exemplo (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, 2005).

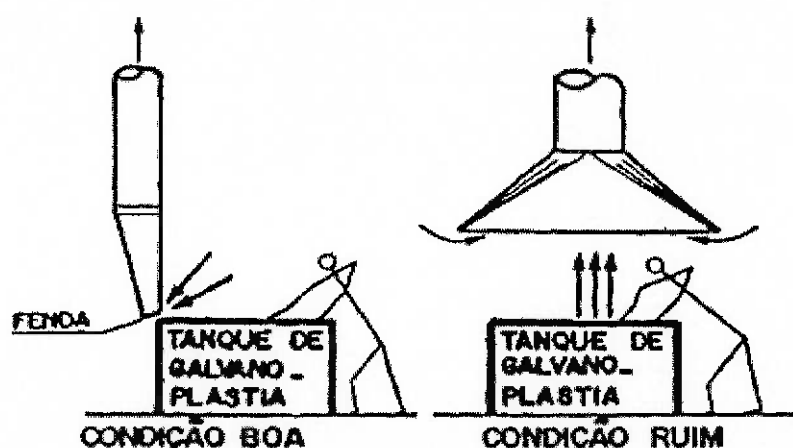


Figura 5 - Influência da direção do fluxo de ar de exaustão sobre o trabalhador (Mesquita, A.L.S.. Engenharia de Ventilação Industrial,2005).

O enclausuramento da fonte é um fator importante tanto para reduzir a vazão de exaustão como também para melhorar a eficiência de captação. A colocação de anteparos para diminuir ou impedir a ação dos ventos é uma medida barata e que muitas vezes pode ser adotada quando não for possível enclausurar a fonte (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, 2005). Esse aspecto está mostrado na Figura 6 (ação do enclausuramento na área de emissão e fluxo do ar de captação dos poluentes).

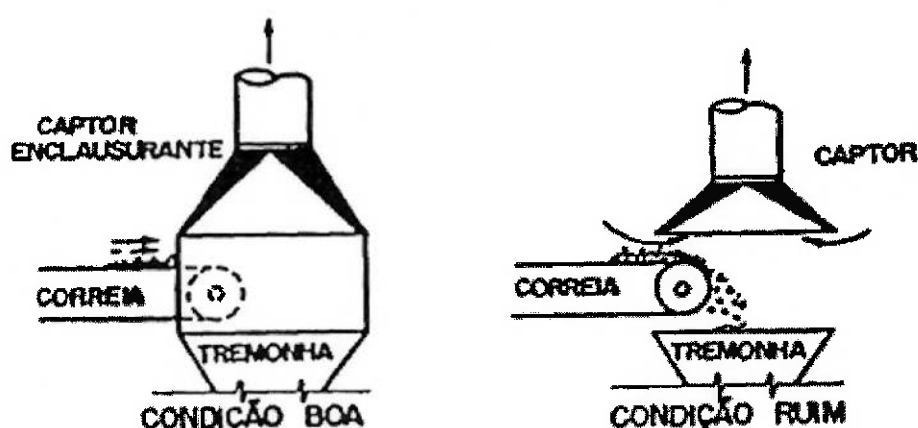


Figura 6 - Ação do enclausuramento na área de emissão e fluxo do ar de captação dos poluentes (Mesquita, A.L.S.. Engenharia de Ventilação Industrial,2005).

A crença existente de que os gases mais densos que o ar sempre se dirigem para o solo não é verdadeira no caso de concentrações usuais em ambientes de trabalho. Os gases e vapores emitidos no ambiente de trabalho se misturam com o ar e essa mistura passa a se comportar como um todo, devendo então ser considerada a densidade da mistura para os projetos de ventilação. Somente nos casos de altas emissões de gases ou vapores mais densos que o ar é que consideraríamos a localização dos captosres mais próximos ao solo para evitar incêndio ou explosão. A Figura 7 (influência da densidade do poluente na localização do captor) ilustra essa situação.

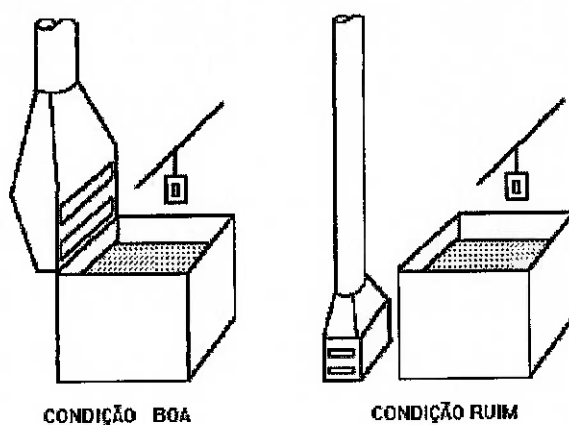


Figura 7 - Influência da densidade do poluente na localização do captor (Mesquita, A.L.S.. Engenharia de Ventilação Industrial,2005).

A velocidade de controle é a velocidade que deve ter o ar na região estabelecida de forma a captar os poluentes, conduzindo-os para dentro do captor. O Quadro 1 (valores para velocidade de controle ou de captura) mostra valores usuais de velocidade de controle.

Quadro 1 - Valores para velocidade de controle ou de captura (Universidade de São Paulo, 2008).

CONDIÇÕES DE DISPERSÃO DO POLUENTE	EXEMPLOS	VELOCIDADE DE CONTROLE (m/s)
Emitidos praticamente sem velocidade em ar parado	Evaporação de tanques, desengraxe, etc.	0,25 - 0,50
Emitidos a baixa velocidade em ar com velocidade moderada	Cabines de pintura, enchimento de tanques de armazenamento (intermitente), pontos de transferência de transportadores de baixa velocidade, solda, deposição eletrolítica, decapagem.	0,50 - 1,00
Grande geração em zona de ar com velocidade alta	Enchimento de barris, carga de transportador	1,00 - 2,50
Emitido com alta velocidade inicial em zona de ar com velocidade alta	Esmeris, jateamento com abrasivos	2,50 - 10,0

A vazão de exaustão representa o volume de ar que deve ser movimentado para captar uma determinada massa ou volume de poluentes emitidos por uma fonte poluidora. A vazão total a ser movimentada será a somatória das vazões exigidas em cada captor (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, 2005). No caso de captadores externos tem-se que ter um certo volume de ar passando pelo ponto mais desfavorável de emissão, de forma que esse volume de ar capture e arraste os poluentes para o captor, conforme ilustrado na Figura 8 (fluxo de ar para captadores externos).

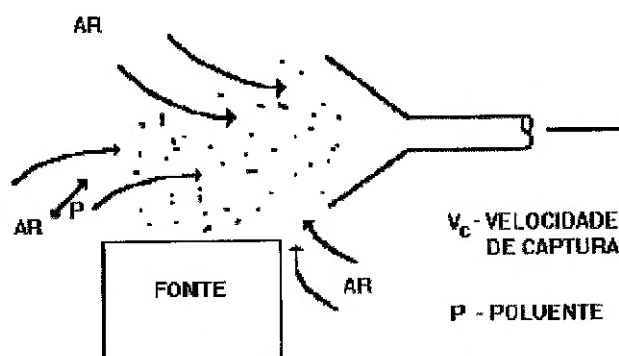


Figura 8 - Fluxo de ar para captadores externos (Mesquita, A.L.S., Engenharia de Ventilação Industrial, 2005).

A superfície de controle não está fisicamente delimitada. A determinação da superfície de controle bem como o comportamento da velocidade induzida dentro da região de exaustão, tem sido motivo de estudos práticos e teóricos realizados por vários autores, entre os quais Dallavalle, Hemeon, Silverman, Garrison, e Fletcher. A prática usual, pela simplificação da aplicação, tem sido aquela de considerar a velocidade induzida ao longo do eixo. A Figura 9 (fórmula de vazão para diversos captosres) mostra diversos tipos de capttores, e respectivas fórmulas para cálculo da vazão de exaustão. Deve-se ressaltar que no caso de exaustão a velocidade do ar cai rapidamente à medida que se afasta da face do captor (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, 2005).

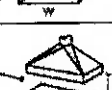
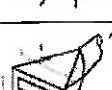
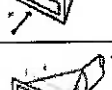
Tipo de Captor	Descrição	Razão (W/L)	Vazão
	Com fenda	0,2 ou menor	$Q = 3,7 L V X$
	Com fenda flangeada	Idem	$Q = 2,8 L V X$
	Abertura sem flange	0,2 ou maior (também serve para captor circular)	$Q = V (10x^2 + A)$
	Abertura com flange	Idem	$Q = 0,75V(10x + A)$
	Cabine	-----	$Q = V A = V W H$
	Colifa	-----	$Q = 1,4 P V H$ (P = perímetro do tanque)
	Plano com múltiplas fendas (2 ou mais fendas)	0,2 ou maior	$Q = V (10x^2 + A)$
	Flangeado com múltiplas fendas (2 ou mais fendas)	0,2 ou maior	$Q = 0,75V(10x^2 + A)$

Figura 9 - Fórmula de vazão para diversos capttores (Universidade Federal de Santa Catarina, 2005).

Vazão insuficiente significa captação deficiente e, portanto maior poluição do ambiente de trabalho. A Figura 10 (efeito de vazão na captação dos poluentes) dá uma visão do que ocorre quando a vazão é insuficiente.

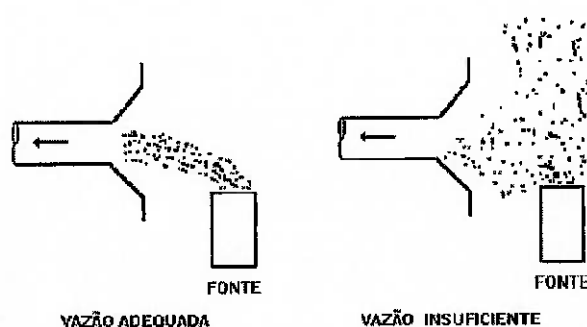


Figura 10 - Efeito da vazão na captação dos poluentes (Mesquita, A.L.S.. Engenharia de Ventilação Industrial, 2005).

2.5 DUTOS

O transporte dos poluentes através dos dutos do sistema depende da velocidade do ar na tubulação. Para poluentes gasosos a velocidade tem pouca importância uma vez que não ocorre sedimentação na tubulação mesmo para velocidades baixas. Neste caso são utilizadas velocidades na faixa econômica, usualmente entre 5 e 10 m/s. No caso de poluentes na forma de partículas, é importante manter a velocidade mínima de transporte para que não ocorra sedimentação nos dutos. Essa velocidade varia de acordo com a densidade e granulometria das partículas (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, 2005). Os valores usuais estão mostrados no Quadro 2 (velocidade de transporte de partículas em dutos).

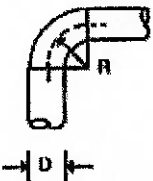
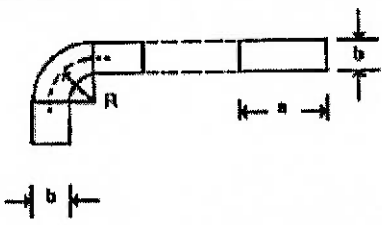
Quadro 2 - Velocidade de transporte de partículas em dutos (Universidade de São Paulo, 2008).

Tipo de partícula	Velocidade mínima (m/s)
1. Partículas de densidade baixa. Ex: fumaça, fumos de óxidos de zinco, fumos dealumínio, pó de algodão.	10
2. Partículas de densidade média. Ex: cereais, pó de madeira, pó de plástico pó de borracha.	15
3. Partículas de densidade média/alta. Ex: fumos metálicos, poeira de jateamento de areia e de esmerilhamento.	20
4. Partículas de densidade alta. Ex: fumos de chumbo, poeiras de fundição de ferro.	25

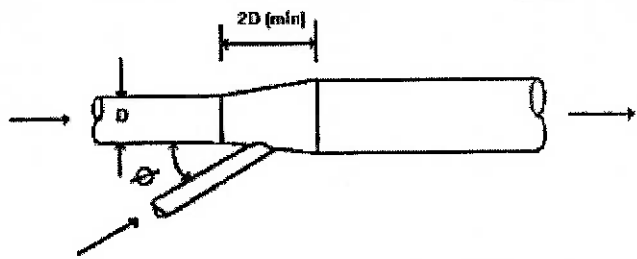
A velocidade no duto tem também influência na perda de carga do sistema, ou seja. Quanto maior a velocidade maior será a perda de carga e maior a potência exigida do ventilador. Dessa forma, é conveniente, do ponto de vista econômico, que a velocidade fique próxima e acima da velocidade mínima de transporte requerida.

Singularidade é qualquer elemento do sistema que causa distúrbio no fluxo de ar, como por exemplo, os cotovelos, junções, contrações, expansões etc. As singularidades representam pontos de perda de carga localizada. Todos esses elementos devem ser projetados, de preferência, como regra geral, na geometria que, ocasione a menor perda de carga possível. Deve-se ressaltar que os sistemas projetados com singularidades fora das recomendações acima podem funcionar bem apesar de que à custa de maior potência e em consequência com custo operacional mais elevado (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, 2005). Essas perdas de carga podem ser observadas no Quadro 3 (perda de carga em cotovelos), Quadro 4 (perda de carga em junções) e no Quadro 5 (perda de carga em chapéus).

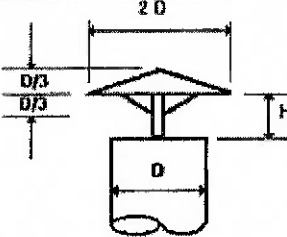
Quadro 3 - Perda de carga em cotovelos (Universidade de São Paulo, 2008).

Cotovelo circular		Cotovelo retangular						
								
R/D	Perda em fração de P_c (K_{cot})	R/b	Perda em fração de P_c (K_{cot})					
			a/b	0,25	0,50	1	2	3
2,75	0,26	0,0	1,50	1,32	1,15	1,04	0,92	0,86
2,50	0,22	0,5	1,36	1,21	1,05	0,95	0,84	0,79
2,25	0,26	1,0	0,45	0,28	0,21	0,21	0,20	0,19
2,00	0,27	1,5	0,28	0,18	0,13	0,13	0,12	0,12
1,75	0,32	2,0	0,24	0,15	0,11	0,11	0,10	0,10
1,50	0,39	3,0	0,24	0,15	0,11	0,11	0,10	0,10
1,25	0,55							
Fator de correção para ângulos diferentes de 90°		Ângulo		120	60	45	30	
		Fator de correção		1,22	0,67	0,50	0,33	

Quadro 4 - Perda de carga em junções (Universidade de São Paulo, 2008).

	
Ângulo	Perda em fração de P_c (K_j)
10	0,06
15	0,09
20	0,12
25	0,15
30	0,18
35	0,21
40	0,25
45	0,28
50	0,32
60	0,44
90	1,00

Quadro 5 - Perda de carga em chapéus - não recomendado (Universidade de São Paulo, 2008).



H/D	Perda em função de P_c (Kch)
1,00	0,10
0,75	0,18
0,70	0,22
0,65	0,30
0,60	0,41
0,55	0,56
0,50	0,73
0,45	1,00

2.6 EQUIPAMENTOS DE CONTROLE DE POLUIÇÃO DO AR

Segundo Braga (2005), o tratamento de emissões atmosféricas é realizado através de equipamentos de controle de poluição do ar. Nesses equipamentos são aplicados fenômenos físicos e/ou químicos à mistura gasosa que contém os poluentes ("impurezas") de forma a separá-los do gás que os transporta. Os mecanismos a serem aplicados dependerão do tipo de natureza dos poluentes e do tipo de equipamento de controle utilizado. A escolha de um equipamento de controle depende de vários fatores, entre os quais o tipo e natureza dos poluentes, eficiência de controle desejada, condições locais e custo. A eficiência de controle de um equipamento de controle de poluição do ar indica a quantidade de poluentes que o equipamento remove (coleta) ou tem condições de remover (coletar). Deve-se ressaltar que a eficiência, dos equipamentos de controle da poluição do ar nunca alcança 100% apesar de existirem equipamentos capazes de remover mais que 99,9% dos poluentes.

Assim, o termo "ar limpo" deve ser entendido como aquele que contém uma quantidade de poluentes dentro de níveis aceitáveis. A coleta de partículas envolve a aplicação de um ou mais dos seguintes mecanismos: sedimentação gravitacional, força centrífuga, impactação inercial, interceptação, difusão e força elétrica. As

partículas "grandes" (maiores que 10 μm) são mais fáceis de serem coletadas. Quanto menor a partícula maior a dificuldade de coleta. Infelizmente as partículas pequenas são aquelas de maior capacidade de penetração no aparelho respiratório e podendo portanto terem contanto com as partes mais profundas do sistema respiratório aumentando a probabilidade de ocorrência de efeitos nocivos. Os equipamentos de controle de poluição do ar para material particulado podem ser classificados em:

COLETORES SECOS: coletores mecânicos inerciais e gravitacionais; coletores mecânicos centrífugos (ex.: ciclones); precipitadores eletrostáticos secos.

COLETORES ÚMIDOS: lavadores com pré-atomização (lavadores com sprays); lavador venturi; lavador ciclônico; lavador de orifício; lavadores de leito móvel; lavadores com enchimento; precipitadores eletrostáticos úmidos, etc.

A câmara de sedimentação gravitacional tem como mecanismo de coleta, a força gravitacional. É utilizado como pré-coletor de partículas grandes (> 40 micrômetros), diminuindo a carga para o coletor final (filtro final). Tem como principal vantagem a baixa perda de carga ($< 12,5 \text{ mmH}_2\text{O}$). Apresenta como principal desvantagem a baixa eficiência para partículas pequenas.

Os coletores centrífugos secos (ciclones) apresentam como principal mecanismo de coleta a força centrífuga. São de grande aplicação na prática, principalmente como pré-coletores e em alguns poucos casos como coletor final. Apresentam como principais vantagens o custo de construção relativamente baixo, e baixa perda de carga. Sua principal desvantagem ou limitação está relacionada à baixa eficiência para partículas pequenas.

Os filtros-manga são utilizados como coletor final de partículas sólidas de todos os tamanhos, inclusive abaixo de 1 micrômetro. Os principais mecanismos de coleta são a impactação e a difusão. São de grande uso na prática, permitindo atender normas exigentes de controle da poluição do ar. Os filtros têm como principal vantagem a capacidade de atingir altas eficiências de coleta (acima de 99% em muitos casos). A principal desvantagem inclui a restrição a temperaturas e umidades altas do fluxo gasoso em função do material das mangas.

Os precipitadores eletrostáticos usam a força elétrica como mecanismo principal de coleta das partículas. São também conhecidos como filtros eletrostáticos. Podem ser utilizados para a coleta final para partículas de todos os

tamanhos, tanto sólidas como líquidas (névoas). Têm alto custo inicial, exigem grande espaço para instalação, e em geral são fontes de poluição com grandes vazões de ar. Atingem alta eficiência de coleta, podendo exceder 99,9%.

Para se ter uma comparação entre as faixas de eficiências de coleta do conjunto de coletores de material particulado são apresentadas no Quadro 6 (eficiência de coletores de material particulado em função de distribuição de tamanho das partículas) os tipos de coletores utilizados na indústria e respectivas eficiências de coleta fracionadas. A eficiência fracionada é aquela expressa para faixas de tamanho de partículas.

Quadro 6 - Eficiência de coletores de material particulado em função de distribuição de tamanho das partículas em porcentagem (Universidade de São Paulo, 2008).

Tipo de Equipamento	Faixa de Tamanho (em diâmetro aerodinâmico equivalente) (μm)				
	0 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 44	> 44
Câmara de sedimentação (com chicanas).	7,5	22,0	43,0	80,0	90,0
Ciclone de baixa pressão.	12,0	33,0	57,0	82,0	91,0
Ciclone de alta pressão.	40,0	79,0	92,0	95,0	97,0
Multiciclone.	25,0	54,0	74,0	95,0	98,0
Lavadores de média energia.	80,0	90,0	98,0	100,0	100,0
Lavadores Venturi (lavador de alta energia).	95,0	99,5	100,0	100,0	100,0
Precipitador eletrostático.	97,0	99,0	99,5	100,0	100,0
Filtro de tecido.	99,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Braga (2005) descreve que os condensadores são utilizados para a remoção de vapores em altas concentrações e com pressão de vapor alta. Apresenta como vantagem a possibilidade de recuperação de produto. Sua desvantagem e limitação principal é a eficiência de coleta baixa para concentrações típicas de fontes de poluição do ar.

A adsorção é um processo seletivo e que pode ser utilizado para a remoção de uma grande variedade de vapores a baixas concentrações. A eliminação de muitos odores, os quais em geral estão presentes em baixas concentrações, pode ser realizada com boa eficiência através da adsorção. O material adsorvente de uso

geral é o carvão ativado, mas a alumina ativada, as peneiras moleculares e a sílica gel também podem ter uso em casos mais particulares.

A incineração é um método eficaz no controle de gases e vapores de origem orgânica. A combustão, que é o processo utilizado na incineração, transformando os contaminantes combustíveis em dióxido de carbono e vapor de água, no caso de combustão completa. Três tipos básicos de equipamentos são utilizados para a incineração de gases e vapores, quais sejam: Incinerador de chama direta (incinerador térmico), incinerador catalítico e o "Flare" (queimador de gases).

Os absorvedores são equipamentos utilizados na absorção de gases. A absorção é uma transferência de massa (poluentes) da fase gasosa para a fase líquida (absorvente). Os absorvedores usualmente utilizados são: torre de enchimento; torre de pratos; lavador venturi; lavador de sprays.

A torre de pratos provoca a lavagem dos gases criando camadas de turbulência através de uma contracorrente que atravessa os pratos descendente e o gás ascendentemente. Pode ser fabricada em PVC, conforme apresentado na figura 11 (lavador de gases tipo torre de pratos), dotado de uma bomba para circulação do líquido lavador, que é pulverizado na câmara de névoa. Constituída por um compartimento que retém temporariamente os gases a serem lavados, onde ocorre a transferência física dos contaminantes existentes no gás para o líquido lavador, garantindo desta forma que o gás esteja isento de poluentes na chaminé de saída (figura 12 – princípio de funcionamento do lavador de gases tipo torre de pratos). (<http://www.belfano.com.br>)



Figura 11 – Lavador de gases tipo torre de pratos (<http://www.belfano.com.br>).

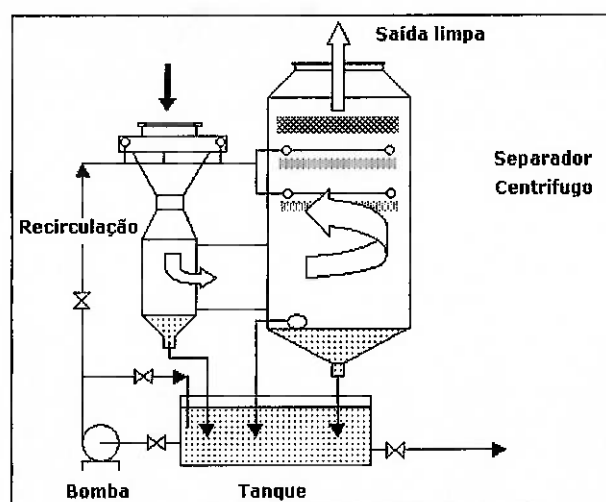


Figura 12 – Princípio de funcionamento do lavador de gases tipo pratos (<http://www.belfano.com.br>).

Os bioreatores (Figura 13) utilizam a ação de microorganismos para tratar os poluentes, é uma técnica mais recente e ainda em desenvolvimento, para gases e vapores em geral em baixas concentrações. Têm como principais vantagens o fato de ser um processo natural e de custo relativamente baixo. A principal desvantagem é a eficiência variável não tão alta para atender situações mais exigentes, bem como a ausência de parâmetros de projeto bem definidos.

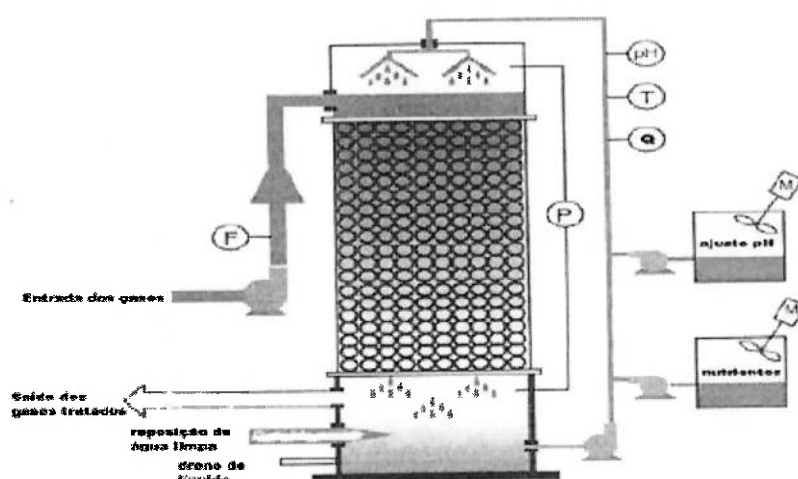
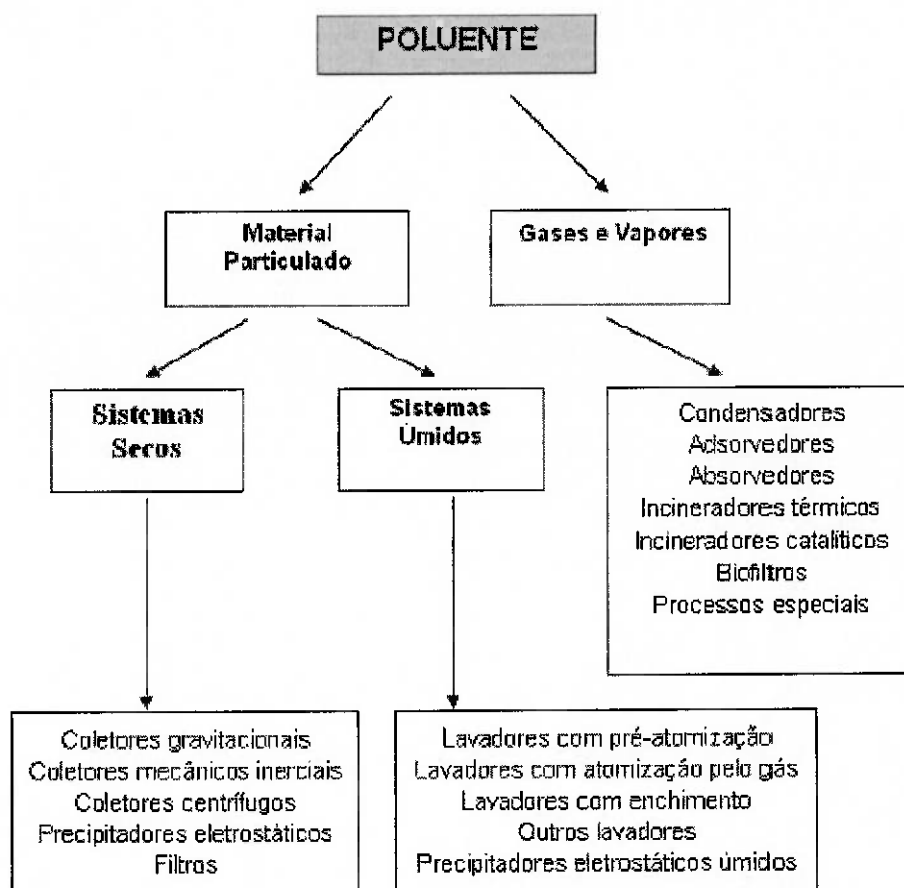


Figura 13 - Exemplo de bioreator (Universidade de São Paulo, 2008).

Uma visão geral destes sistemas de controle de poluição pode ser observada na Figura 14 (alternativa de equipamentos de controle de poluição do ar).



Nota: Pode-se utilizar mais de um tipo em série para obter a solução desejada.

Figura 14 - Alternativa de equipamentos de controle da poluição do ar (Universidade de São Paulo, 2008).

2.7 CONJUNTO VENTILADOR – MOTOR – CHAMINÉ

O conjunto ventilador-motor fornece a energia necessária para movimentar o fluído e vencer todas as perdas de carga do sistema. O ventilador é o coração do sistema de ventilação, ele cria um diferencial de pressão através do sistema que faz o ar fluir através do mesmo. Têm-se os ventiladores centrífugos e os axiais, os quais estão ilustrados na Figura 15 (tipos de ventiladores e rotores). (Universidade de São Paulo, 2008)

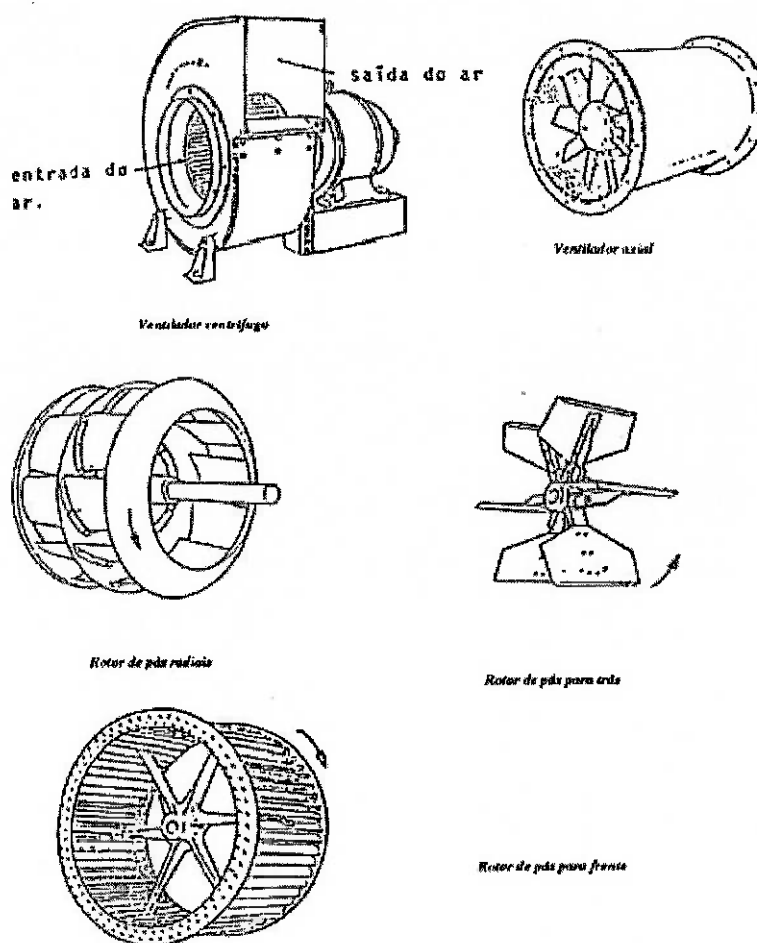


Figura 15 - Tipos de ventiladores e rotores (Mesquita, A.L.S.. Engenharia de Ventilação Industrial, 2005).

Os ventiladores centrífugos são robustos, para trabalho pesado e destinados a movimentar fluídos com grande carga de poeira, poeiras pegajosas e corrosivas. Apresentam eficiência baixa, da ordem de 60% e nível de ruído mais alto. Os ventiladores axiais são de alta eficiência chegando a atingir eficiências maiores que 80% e seu funcionamento é silencioso. Uma importante característica desse ventilador é a auto-limitação de potência, característica essa, importante quando a perda de carga do sistema é variável, evitando assim a sobrecarga do motor. Deve ser utilizado o ventilador que proporcione a vazão necessária com a menor potência possível, e que seja adequado para as características do gás e poluente a ser transportado (temperatura, corrosividade, abrasividade, adesividade, etc).

A chaminé é parte integrante do sistema de transporte dos poluentes que tem como finalidade o lançamento do gás transportador, que contém a emissão residual, na atmosfera. O seu projeto deve levar em consideração a proteção do ventilador contra água de chuva quando este estiver localizado imediatamente antes da chaminé (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, 2005). Para proteção contra chuva vários métodos podem ser utilizados conforme mostrado na Figura 16 (tipos de chaminés).

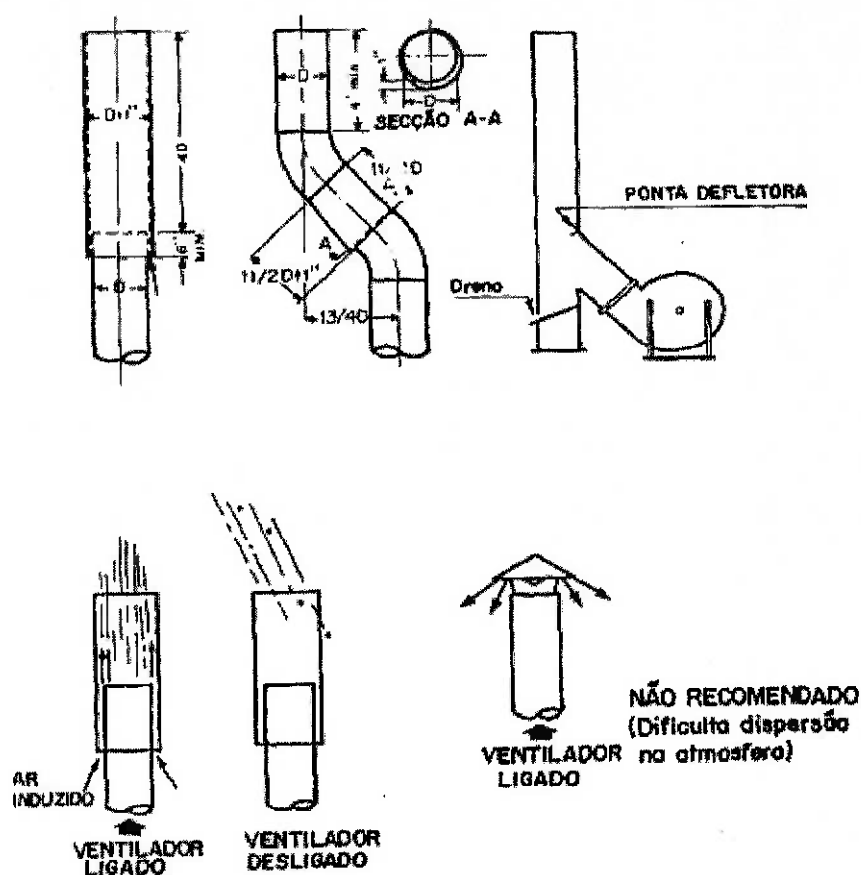


Figura 16 - Tipos de Chaminés (Mesquita, A.L.S., Engenharia de Ventilação Industrial, 2005).

Deve-se ressaltar que a proteção tipo "chapéu chinês" não é recomendada, em casos em que há necessidade de promover uma boa dispersão da emissão residual na atmosfera e, como regra geral, não deve ser utilizada.

2.8 AVALIAÇÃO DE SISTEMAS DE EXAUSTÃO

O teste, a inspeção, a checagem ou avaliação de sistemas de ventilação local exaustora deve ser realizada de forma qualitativa e quantitativa. A avaliação qualitativa está relacionada com a inspeção visual dos aspectos de projeto, construção, instalação, operação e manutenção do sistema comparando com os melhores procedimentos de engenharia de ventilação. A avaliação quantitativa está relacionada com a medição dos parâmetros de operação do sistema comparando com os parâmetros de projeto. A medição da vazão de ar, velocidade e pressão são dados importantes que em conjunto com o adequado funcionamento e projeto de sistemas de ventilação local exaustora promovem um bom resultado global do sistema. Outras aplicações das medições de aspectos aerodinâmicos estão relacionadas com o TAB – testes, ajustes e balanceamento. A mais importante determinação do sistema de exaustão é a vazão de ar.

A avaliação quantitativa é realizada através da medição da velocidade do ar e depois são feitos os cálculos da vazão de ar. A maioria dos medidores de campo são medidores de velocidade sendo necessário obter dados na seção transversal em vários pontos de medição (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, 2005).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 INSTRUMENTOS E PROCEDIMENTOS PARA AMOSTRAGEM OCUPACIONAL

3.1.1 Metodologia de Avaliação para Poeiras Metálicas

1. American Conference of Governmental Industrial Hygienists – ACGIH.
2. NIOSH Manual of Analytical Methods
3. Anexos 11 e 12 da NR-15, Portaria 3214/78 do Ministério do Trabalho e Emprego.

3.1.2 Aspectos Legais

A Norma Regulamentadora NR 15, aprovada pela Portaria 3214/78 do Ministério do Trabalho e Emprego, Anexos n.º 11 e 12, estabelece limites de tolerância para os agentes químicos, porém, não define limites de tolerância para cobalto, níquel e cromo. Buscou-se neste trabalho os valores limites de exposição (Threshold Limit Values - TLVs) da ACGIH, que foram desenvolvidos como guias de orientação para o controle dos riscos à saúde. É importante frisar que a validade dos TLVs pode se alongar por anos, enquanto os valores ali publicados permanecerem intactos. (Fiemg, SESI. Relatório de Levantamento de Riscos Ambientais, 2009)

3.1.3 Instrumentos Utilizados

Amostrador gravimétrico em pequeno volume, para efetuar coletas de material particulado em suspensão retido em cassete com filtro membrana de éster de celulose de 0,8B – 37 mm. Instrumento de calibração, para garantir a exatidão das medições, efetuando a calibração inicial e a final. (Fiemg, SESI. Relatório de Levantamento de Riscos Ambientais, 2009)

3.1.4 Metodologia de Avaliação

A amostra foi colhida ao nível respiratório, com o instrumento afixado ao trabalhador, acompanhando-o em suas atividades, aspirando a poeira metálica

resultante da operação, sendo anotados na planilha os detalhes das operações executadas. (Fiemg, Sesi. Relatório de Levantamento de Riscos Ambientais, 2009)

3.1.5 Métodos Empregados

Calibração da vazão inicial e final, determinando a vazão média, conforme recomenda a citada norma. Os procedimentos foram conduzidos segundo o método NIOSH 7303 para metais – Espectrofotometria de absorção atômica. (Fiemg, Sesi. Relatório de Levantamento de Riscos Ambientais, 2009)

3.1.6 Critérios de Avaliação

Para os agentes químicos que não têm limite de tolerância definido nos anexos da NR-15 da Portaria 3214/78 do Ministério do Trabalho e Emprego, estão listados os TLVs da ACGIH – American Conference of Governmental Industrial Hygienists (Tabela 1 – limites de tolerância). (Fiemg, Sesi. Relatório de Levantamento de Riscos Ambientais, 2009)

Tabela 1 - Limites de tolerância (Relatório de Levantamento de Riscos Ambientais, Sesi 2009).

Agente Químico	Cobalto	Níquel	Cromo
Limite de Tolerância - Anexo 11 da NR-15	NE	NE	NE
Limite de Tolerância ACGIH@ - 2009 TWA	0,02 mg/m ³	0,1 mg/m ³	0,5 mg/m ³
Limite de Tolerância ACGIH@ - TWA Corrigido	0,0176 mg/m ³	0,088 mg/m ³	0,44 mg/m ³

* O TWA corrigido representa exposição para uma jornada de trabalho de 44 horas semanais, convertido para jornada brasileira, segundo método de Brief & Scala (ACGIH).

$$FC = \frac{40}{h} \times \frac{168-h}{128}$$

Onde: FC = fator de correção
h = nº de horas da jornada semanal
40 e 128 = constantes

3.1.7 Interpretação dos Resultados

Os dados do material amostrado bem como as coletas de informações levantadas nos postos de trabalho foram desenvolvidos segundo a metodologia citada neste documento. Pode-se também usar a categoria de risco das Normas de Higiene do Trabalho – NHT's da FUNDACENTRO, conforme Quadro 7 (categoria de risco das normas de higiene do trabalho) abaixo. (Fieng, SESI. Relatório de Levantamento de Riscos Ambientais, 2009)

Quadro 7 - Categoria de risco das normas de higiene do trabalho (Relatório de Levantamento de Riscos Ambientais, SESI 2009).

<i>CONSIDERAÇÃO TÉCNICA DA EXPOSIÇÃO</i>	<i>SITUAÇÃO DA EXPOSIÇÃO</i>
<i>Abaixo de 50% do L.T.</i>	<i>Aceitável</i>
<i>50% > L.T. < 100%</i>	<i>De atenção</i>
<i>Acima de 100% do L.T.</i>	<i>Crítica</i>
<i>Muito acima do L.T ou IPVS</i>	<i>De emergência</i>

Todas as máquinas de solda plasma foram avaliadas de forma individual. As avaliações foram feitas nos três turnos de trabalho, abrangendo todas as situações de operação da máquina.

3.2 INSTRUMENTOS E PROCEDIMENTOS PARA AMOSTRAGEM AMBIENTAL

3.2.1 Sumário dos Métodos

UMIDADE DO GÁS: Um volume representativo da amostra do efluente gasoso é absorvido em uma série de 4 borbulhadores do tipo Greenburg Smith ligados em série. A parcela condensável da umidade da amostra é absorvida nos dois primeiros borbulhadores contendo água destilada. A parcela não condensável é absorvida no

último borbulhador contendo sílica gel. Entre os borbulhadores dois e quatro é instalado um borbulhador vazio de segurança.

VAZÃO DO GÁS: A vazão é determinada através do método do Tubo Pitot's ou Stauscheibe conectado a um manômetro inclinado durablock de dupla escala.

MASSA MOLECULAR SECA - OXIGÊNIO (O_2), MONÓXIDO DE CARBONO (CO), DIÓXIDO DE CARBONO (CO_2), METANO (CH_4) e NITROGÊNIO (N_2): A massa molecular seca dos gases é determinada por meio do analisador Orsat, provido de eudiômetro. O oxigênio é absorvido por solução de ácido pirogálico/hidróxido de potássio, o dióxido de carbono é absorvido por uma solução de hidróxido de potássio, e o monóxido de carbono é absorvido por solução de cloreto cuproso em meio de ácido clorídrico. O metano é queimado através do eudiômetro, sendo os gases provenientes de sua combustão, analisados de forma semelhante ao CO_2 e CO. O nitrogênio é calculado por diferença.

A sensibilidade do método é de **0,2%** para cada componente.

MATERIAL PARTICULADO: Uma amostra representativa é coletada isocineticamente ponto a ponto no interior da chaminé ou duto. O material particulado é retido em um filtro com eficiência mínima de 99,95% de retenção de partículas de até $0,3\ \mu m$ e determinado gravimetricamente. Simultaneamente é determinado o volume do gás amostrado. A concentração é determinada pela relação massa/volume. O limite mínimo de detecção do método é de **1,0 mg/Nm³**.

CROMO HEXAVALENTE: Uma amostra representativa é coletada isocineticamente ponto a ponto no interior da chaminé ou duto, utilizando-se método semelhante ao método de coleta para material particulado, porém sem a utilização do filtro de fibra de vidro. A amostra recolhida nos frascos borbulhadores contendo solução alcalina de hidróxido de sódio mais a fração recuperada da sonda e extensão flexível são quantificadas por meio de colorimetria. Simultaneamente é determinado o volume do gás amostrado. A concentração é determinada pela relação massa/volume. O limite mínimo de detecção para cada elemento é **0,001 mg/Nm³**.

METAIS: Uma amostra representativa é coletada isocineticamente ponto a ponto no interior da chaminé ou duto. O material particulado retido em filtro de fibra de vidro com eficiência mínima de 99,95% de retenção de partículas de até 0,3 µm mais o material particulado recuperado da sonda e extensão flexível é digerido em água régia (HCl-HNO₃ 3x1). A massa dos íons metálicos presentes na amostra é determinada por espectrofotometria de absorção atômica com geração de hidretos, espectrofotometria de absorção atômica com geração de vapor a frio ou ICP. Simultaneamente é determinado o volume do gás amostrado. A concentração é determinada pela relação massa/volume. O limite mínimo de detecção para cada elemento é **0,001 mg/Nm³**. (Ecoar. Relatório de Monitoramento Atmosférico, 2009)

3.2.2 Equipamento Utilizado

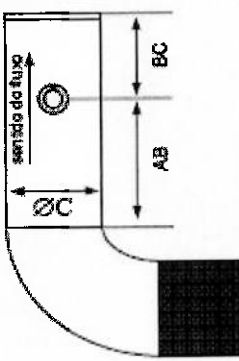
Para os trabalhos de coleta das amostras foi utilizado o coletor isocinético de poluentes atmosféricos - CIPA, devidamente calibrado. Este equipamento é constituído basicamente pelas seguintes unidades:

- sonda de aço inox
- tubo Pitot's
- termopares
- unidade de controle
- bomba de vácuo
- caixa fria
- câmara aquecida com porta filtro
- borbulhadores do tipo Greenburg Smith ligados em série
- mangueira flexível
- cordões de ligação. (Ecoar. Relatório de Monitoramento Atmosférico, 2009)

3.2.3 Estratégias de Amostragem

Sistema de exaustão das máquinas PTA (Quadro 8 – dimensões físicas da fonte monitorada).

Quadro 8 - Dimensões físicas da fonte monitorada (Relatório de Monitoramento Atmosférico Ecoar,2009).

Dimensões Físicas da Fonte Monitorada			Duração das Coletas	
	AB (m):	3,00	Nº Total de Pontos:	20
	BC (m):	11,00	Nº de Eixos:	2
	ØC (m):	0,55	Nº de Pontos por Eixo:	10
	Legenda: AB: Distância em metros à jusante da última singularidade. BC: Distância em metros à montante da última singularidade. ØC: Diâmetro da chaminé, em metros		Nº DE COLETAS:	6

A duração de cada amostragem variou de acordo com o parâmetro monitorado, conforme descrito a seguir:

- Amostragens de material particulado e metais: Foram monitorados 2,5 minutos por ponto, perfazendo 60,0 minutos por amostragem.
- Amostragens de cromo hexavalente: Foram monitorados 5,0 minutos por ponto, perfazendo 120,0 minutos por amostragem.

O monitoramento atmosférico seguiu todos os parâmetros requeridos pelas legislações ambientais vigentes. (Ecoar. Relatório de Monitoramento Atmosférico, 2009)

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 DISCUSSÕES E IMPLANTAÇÃO DE MELHORIAS

Após um estudo detalhado do processo de solda plasma, foram observadas duas situações de risco com relação à exposição dos funcionários aos agentes químicos (cobalto, níquel e cromo). Na primeira situação de risco, observou-se que durante a operação normal de trabalho da máquina, uma grande quantidade de material particulado contendo cobalto, níquel e cromo ficava em suspensão dentro da máquina; e como o funcionário precisa abrir a máquina em intervalos constantes para fazer a alimentação de peças, o mesmo fica em contato com os contaminantes.

Na segunda situação de risco, observou-se que grande parte do resíduo gerado no processo de solda plasma, se decantava e ficava depositado no fundo da máquina (Figura 17 - pó depositado no fundo da máquina), sendo necessária uma limpeza manual por parte do operador utilizando um pincel (Figura 18 – uso do pincel para limpeza do pó).

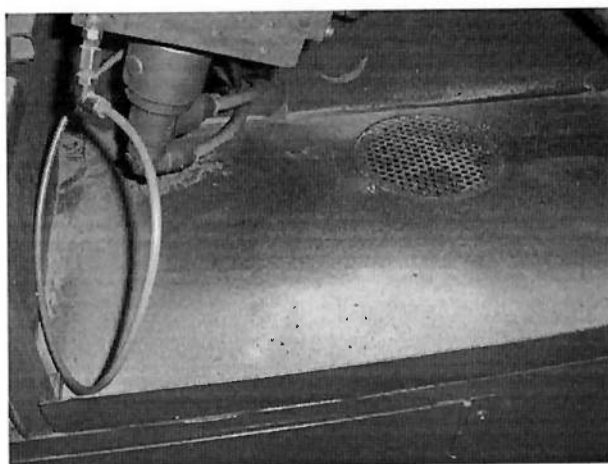


Figura 17 - Pó depositado no fundo da máquina.

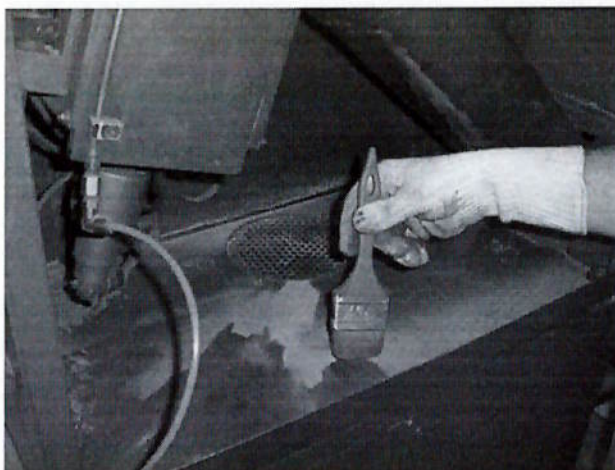


Figura 18 - Uso do pincel para limpeza do pó.

Durante a utilização do pincel, uma grande quantidade de pó contendo os mesmos agentes químicos acima citados ficava em suspensão. Iniciou-se o processo, procurando eliminar o uso do pincel utilizado na limpeza do resíduo gerado no processo. Como o processo é feito de forma manual, uma grande quantidade de material particulado em suspensão é observado durante a operação.

Para solucionar este problema, foi instalada uma chapa perfurada no fundo da máquina (Figura 19 – chapa perfurada instalada no fundo da máquina), fazendo com que todo o resíduo gerado caia em um sistema coletor tipo moega (Figura 20 – coletor de pó tipo moega), eliminando a geração de material particulado em suspensão.

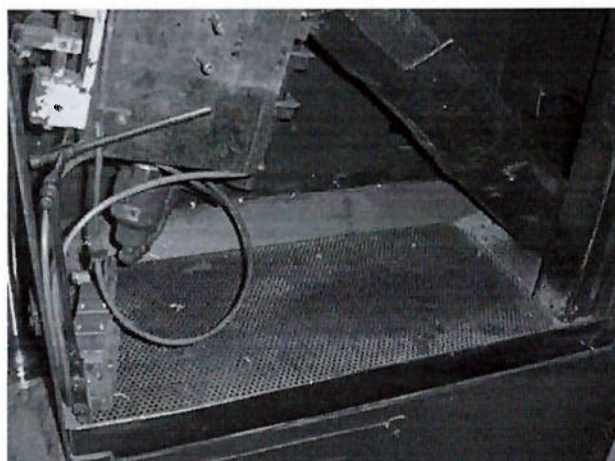


Figura 19 - Chapa perfurada instalada no fundo da máquina.

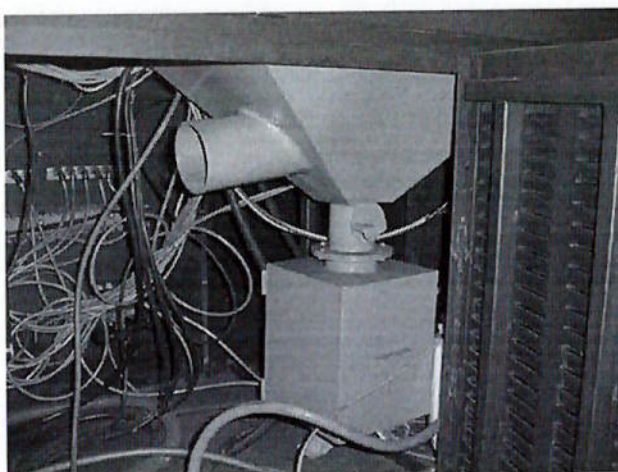


Figura 20 - Coletor de pó tipo moega.

Neste sistema existe um saco plástico preso a moega por uma trava tipo dobradiça, fácil de ser removida (Figura 21 - saco plástico instalado junto à moega para armazenamento do resíduo). Na existência de pó dentro do saco, o funcionário abre a trava, retira o saco e envia o mesmo diretamente para o setor responsável por dar destinação final ao resíduo, não tendo contato algum com o mesmo.

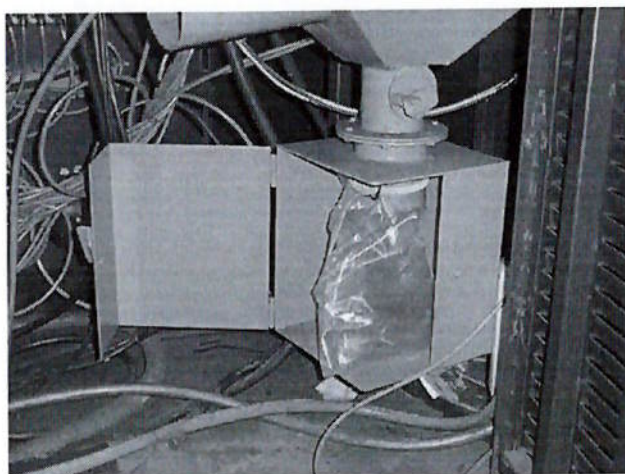


Figura 21 - Saco plástico instalado junto à moega para armazenamento do resíduo.

Após solucionar uma das situações de risco, o pó decantado no fundo da máquina, passou-se a fazer um estudo para eliminar ou reduzir a geração da poeira em suspensão gerada durante o processo de soldagem. A partir de uma extensa

revisão bibliográfica em livros, teses, artigos científicos e legislações, foi possível assegurar que a melhor solução seria a instalação de um sistema de exaustão local exaustora. Visando obter a melhor área disponível para instalação do sistema, não alterando o layout das linhas de produção existente, definiu-se que a melhor alternativa seria instalar o sistema de exaustão fora do galpão produtivo; devido ao ruído emitido pelo equipamento, e pelas obras civis necessárias para implantação do mesmo.

Definido o local de instalação, passou-se a estudar qual tipo de sistema seria mais aplicável em função do material particulado gerado. Para uma melhor orientação nesta questão, realizou-se uma análise de granulometria do material particulado desprendido pela máquina. O quadro 9 (teste de granulometria) e a Figura 22 (material retido no teste de granulometria) apresentam os resultados do teste de granulometria.

Quadro 9 - Teste de granulometria do material particulado (Sistepe. Relatório de análise granulométrica, 2008).

TESTE DE GRANULOMETRIA

DADOS DA AMOSTRA:

Fumo residual após solda de plasma, gerado no setor PTA.

Quantidade de amostra inicial: 74,54g

Quantidade de amostra após análise: 73,21g

PROCEDIMENTO:

Orientado pela norma ASTM B214, não levando em consideração a quantidade de amostra especificada que é determinada de acordo com a densidade do material.

RESULTADOS:

Peneira	Abertura em mesh	Abertura em μm	Qtde. de pó retido (g)	% (*)
1	+70	+212	0,52	0,71
2	+100	+150	2,42	3,30
3	-100 / +120	-150 / +125	2,04	2,79
4	-120 / +140	-125 / +106	4,36	5,96
5	-140 / +170	-106 / +90	4,53	6,19
6	-170 / +200	-90 / +75	6,83	9,33
7	-200 / +230	-75 / +63	11,40	15,57
8	-230 / +270	-63 / +53	3,86	5,27
9	-270	-53	13,71	18,73
10	-325	-45	16,33	22,30
Panela	-400	-38	7,21	9,85

* A porcentagem foi calculada utilizando o valor de 73,21g como quantidade total, devido às perdas durante a análise.

OBSERVAÇÕES:

Ficaram retidos na primeira peneira (212 μ m) um acúmulo de pequenos fiapos, conforme as fotos abaixo:

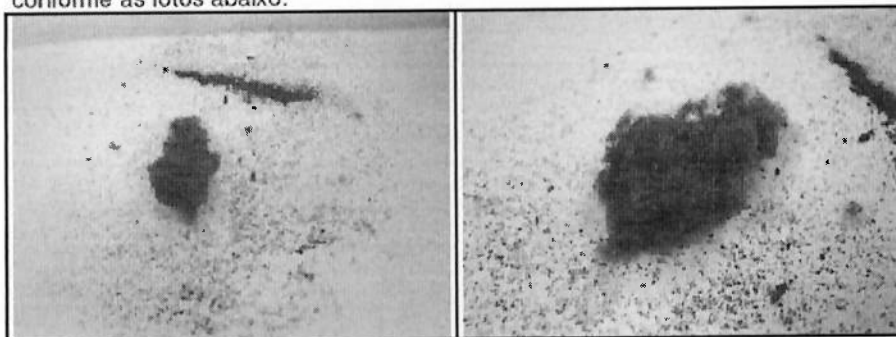


Figura 22 - Material retido no teste de granulometria (Sistepe. Relatório de análise granulométrica, 2008).

De posse do teste de granulometria, foi possível ser realizada a análise de eficiência de cada sistema de monitoramento disponível no mercado. Esta análise de eficiência é possível, levando em consideração dois fatores:

- 1 - A micragem do material particulado desprendido, bem como a quantidade retida em gramas por peneirada.
- 2 - Qual a eficiência de cada sistema analisado para a descrição do material acima citado.

O mercado apresenta dois tipos de sistemas que são mais eficazes para a situação encontrada:

- 1 - Sistema seco ou sistema cartuchado
- 2 - Sistema via úmida ou lavador de gases

Após análise, optou-se por instalar um sistema de monitoramento via úmida, lavador de gases tipo torre de pratos. Este sistema foi escolhido levando-se em consideração o menor risco ocupacional apresentado ao funcionário durante a execução de manutenções, a facilidade de se executar as manutenções, a não geração em grande quantidade de resíduo perigoso classe 1 (classificação conforme NBR 10.004), e por se entender que ambientalmente, este tipo de equipamento é o mais eficiente disponível no mercado.

Definido o sistema a ser instalado, procurou-se no mercado empresas interessadas em confeccionar orçamentos. De acordo com a norma interna da empresa, são necessárias no mínimo três cotações para contratação deste tipo de

serviço. A Tabela 2 (empresas que participaram da concorrência) mostra os valores apresentados pelas empresas que participaram da concorrência para realização do serviço.

Tabela 2 - Empresas que participaram da concorrência.

Empresa	Valor para Confecção e Instalação do Sistema de Monitoramento	Prazo de Entrega do Sistema Operando
A	R\$ 136.628,00	60 dias
B	R\$ 179.653,14	40 dias
C	R\$ 198.400,00	150 dias
D	R\$ 219.540,00	160 dias

Como todas as empresas atendem tecnicamente aos propósitos da companhia, por apresentar uma melhor proposta financeira, definiu-se a contratação da empresa A. A elaboração de todo sistema surgiu de um trabalho em conjunto entre contratante e contratada. O dimensionamento da tubulação foi o primeiro passo realizado para a confecção do projeto. Para se chegar ao dimensionamento adequado, foram analisados vários pontos, tais como:

VAZÃO DE CADA MÁQUINA, TOTALIZANDO OITO EQUIPAMENTOS: A vazão negativa, ou sucção do sistema foi dimensionada de forma a não acarretar problemas no processo de solda por plasma, e ao mesmo tempo proporcionar uma exaustão eficiente que atenda as normas de segurança vigente, no que tange ao nível de emissão para poeira metálica.

ANÁLISE DE PERDA DE CARGA DA TUBULAÇÃO: Pegando-se o ponto mais distante do local de instalação do sistema de monitoramento, adotou-se uma determinada velocidade dentro do duto, e foi calculada a perda de carga por ponto. No Anexo 1 (cálculo de perda de carga) deste trabalho estão apresentadas as planilhas de perda de carga.

Aprovado o projeto executivo do sistema, que se encontra no Anexo 2 (projeto do lavador de gases) deste trabalho, passou-se então às etapas de montagem do equipamento de monitoramento.

Equipamentos que compõem o sistema de monitoramento:

- Dampers para regulagem de vazão

- Mangotes flexíveis
- Tubulações
- Ventilador centrífugo tipo caracol
- Lavador de gases vertical tipo Venturi

A Figura 23 (lavador de gases tipo torres de pratos) e a Figura 24 (tubulações e mangotes) ilustram materiais utilizados para instalação do sistema de exaustão.

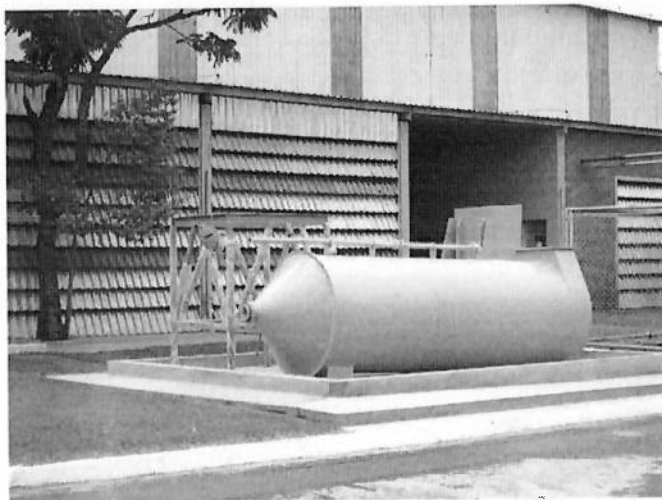


Figura 23 - Lavador de gases tipo torre de pratos.

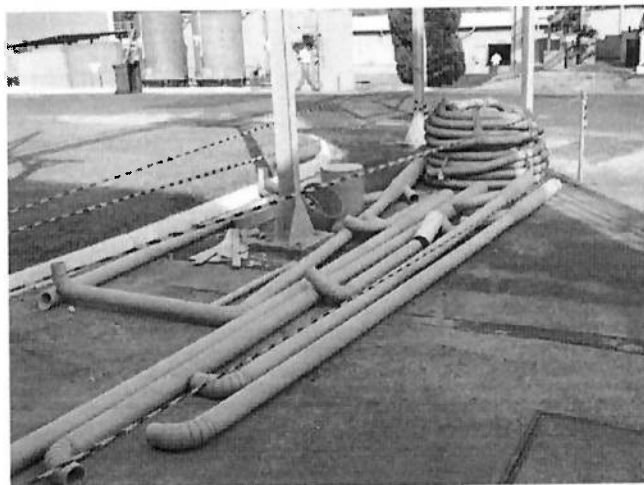


Figura 24 - Tubulações e mangotes.

Todo sistema de monitoramento, exceto tubulações, foi montado sobre uma área de contenção para líquidos, conforme especificam as normas ambientais

vigentes. A Figura 25 (área de contenção de efluentes líquidos do lavador de gases) e a Figura 26 (canaletas em torno da área de contenção que conduzem os efluentes líquidos para a ETEL) ilustram a área de contenção. Esta contenção deve ter capacidade de armazenar 110% do volume total de líquidos utilizado pelo lavador de gases. Como o volume de água utilizado pelo lavador de gases gira em torno de $1,7 \text{ m}^3$, a contenção foi construída para armazenar $2,0 \text{ m}^3$. Em caso de vazamento de líquidos, todo efluente é enviado diretamente para a estação de tratamento de efluentes líquidos (ETEL), pois a área de contenção é interligada com a ETEL.

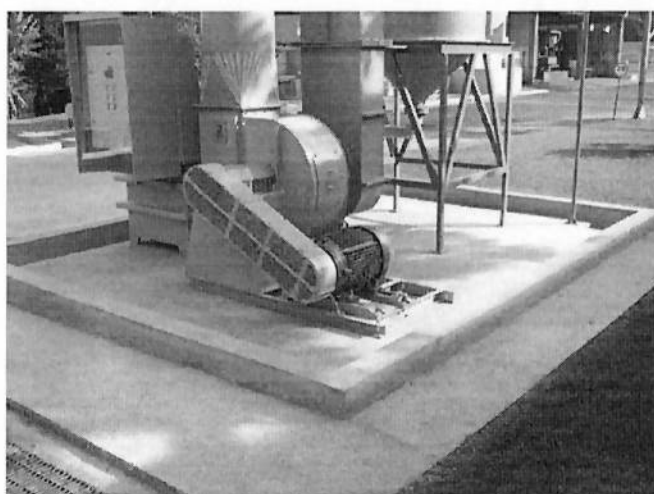


Figura 25 - Área de contenção de efluentes líquidos do lavador de gases.

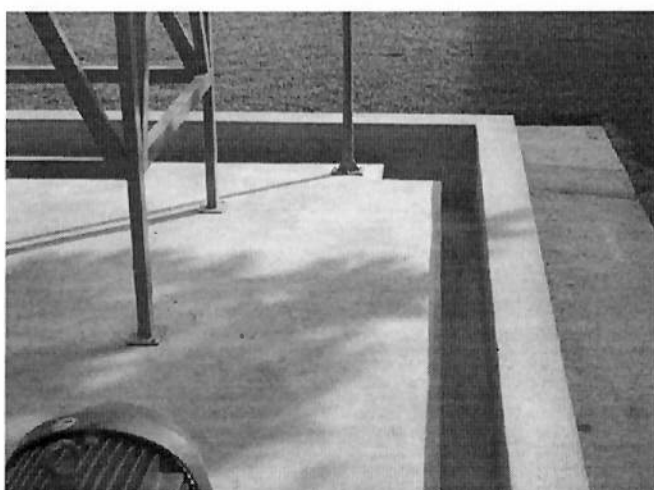


Figura 26 - Canaletas em torno da área de contenção que conduzem os efluentes líquidos para a ETEL.

Definiu-se entre a contratante e a contratada, a montagem de todo o sistema de exaustão primeiramente na área externa do galpão produtivo, e depois de completada esta etapa, a passagem das tubulações por meio aéreo dentro das linhas de produção, até as máquinas de solda por plasma. A montagem na área externa é apresentada na Figura 27 (montagem do lavador de gases vertical), Figura 28 (vista frontal do sistema de monitoramento em montagem), Figura 29 (vista lateral do sistema de monitoramento montado) e Figura 30 (vista frontal do sistema de monitoramento montado).



Figura 27 – Montagem do lavador de gases vertical.



Figura 28 – Vista frontal do sistema de monitoramento em montagem.



Figura 29 – Vista lateral do sistema de monitoramento montado.



Figura 30 – Vista frontal do sistema de monitoramento montado.

Finalizada a instalação na área externa, passou-se a instalar o equipamento dentro da área produtiva (Figura 31 - entrada da tubulação dentro da área produtiva).

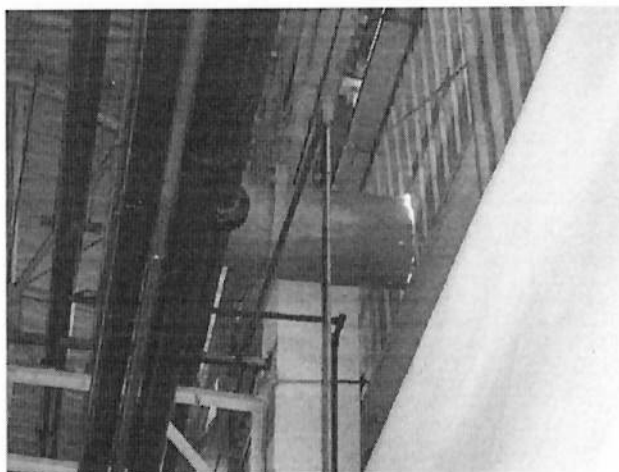


Figura 31 - Entrada da tubulação dentro da área produtiva.

Toda tubulação foi lançada de forma aérea sobre as máquinas. Da tubulação principal foram feitas derivações, e nestas derivações foram lançados mangotes flexíveis com dampers na ponta Figura 32 (mangotes lançados até as máquinas).

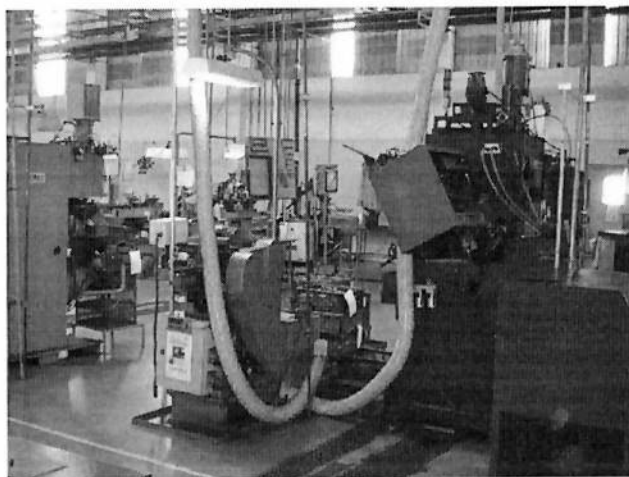


Figura 32 - Mangotes lançados até as máquinas.

Os mangotes foram fixados nas moegas coletoras de pó localizadas na parte inferior das máquinas conforme apresentado na Figura 33 (mangotes fixados nas derivações da tubulação), Figura 34 (visão geral dos mangotes, partindo da tubulação e fixada à moega), Figura 35 (moegas onde os mangotes flexíveis são lançados) e Figura 36 (sucção do sistema pela parte inferior da máquina).



Figura 33 - Mangotes fixados nas derivações da tubulação.



Figura 34 - Visão geral dos mangotes, partindo da tubulação e fixada às moegas.

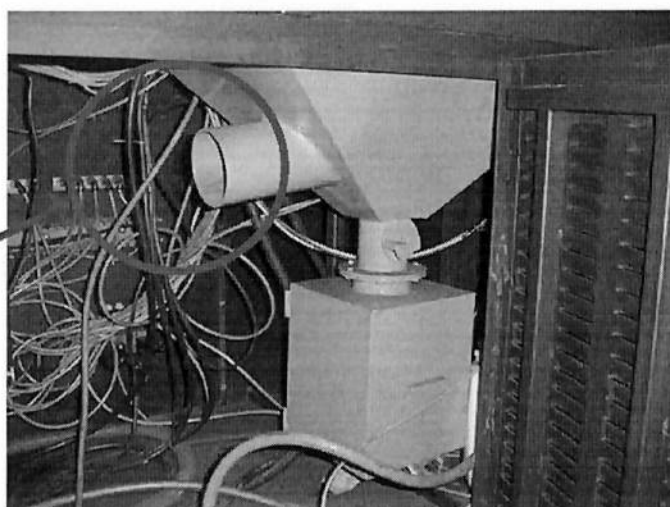


Figura 35 - Moega onde os mangotes flexíveis são ligados.

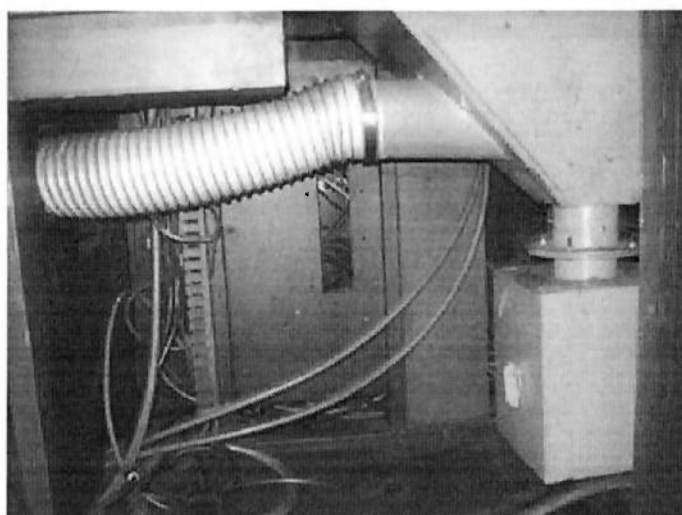


Figura 36 – Sucção do sistema pela parte inferior da máquina.

4.2 RESULTADOS DA AVALIAÇÃO OCUPACIONAL DOS AGENTES AMBIENTAIS (COBALTO, NÍQUEL E CROMO)

Os resultados podem ser observados abaixo na Tabela 3 (monitoramento ocupacional nas máquinas de PTA linha waukesha) e na Tabela 4 (monitoramento ocupacional nas máquinas de PTA linha preparo II).

Tabela 3 - Monitoramento ocupacional nas máquinas de PTA linha Waukesha. (Relatório de Levantamento de Riscos Ambientais SESI,2009)

Método: NIOSH 7303 - Absorção Atômica

AGENTE QUÍMICO	LIMITES (ACGIH - 2009)				RESULTADOS	
	TWA		STEL			
	mg/m3	ppm	mg/m3	ppm	mg/m3	ppm
Cromo	0,5	NE	NE	NE	ND<0,01	–
Cobalto	0,02	NE	NE	NE	ND<0,01	–
Níquel	0,1	NE	NE	NE	ND<0,01	–

OBSERVAÇÕES:

NE = não estabelecido

ND = não detectável

Tabela 4 - Monitoramento ocupacional nas máquinas de PTA linha Preparo II. (Relatório de Levantamento de Riscos Ambientais SESI,2009)

Método: NIOSH 7303 - Absorção Atômica

AGENTE QUÍMICO	LIMITES (ACGIH - 2009)				RESULTADOS	
	TWA		STEL			
	mg/m3	ppm	mg/m3	ppm	mg/m3	ppm
Cromo	0,5	NE	NE	NE	ND<0,01	–
Cobalto	0,02	NE	NE	NE	ND<0,01	–
Níquel	0,1	NE	NE	NE	ND<0,01	–

OBSERVAÇÕES:

NE = não estabelecido

ND = não detectável

4.3 RESULTADOS DA AVALIAÇÃO ATMOSFÉRICA (MATERIAL PARTICULADO, CROMO HEXAVALENTE, COBALTO E NÍQUEL)

Os resultados podem ser observados abaixo no Gráfico 1 (monitoramento atmosférico de material particulado), Gráfico 2 (monitoramento atmosférico de cromo hexavalente), Gráfico 3 (monitoramento atmosférico de níquel) e Gráfico 4 (monitoramento atmosférico de cobalto).

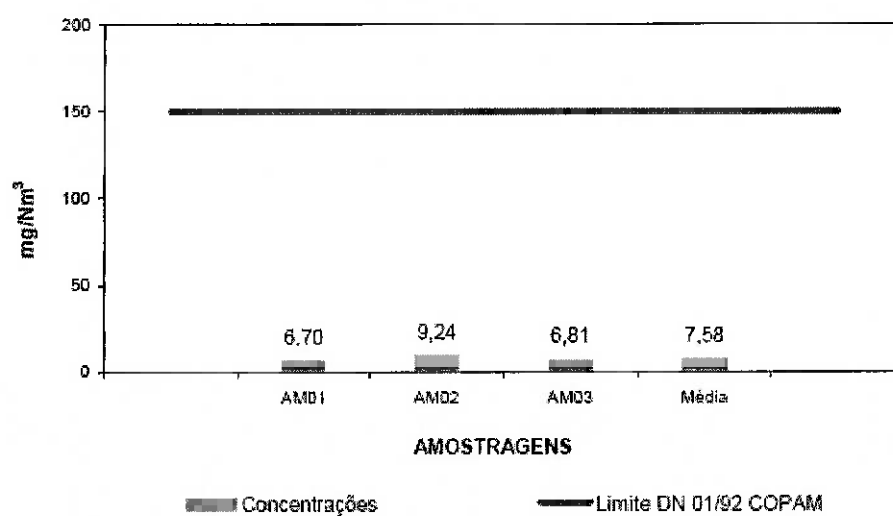
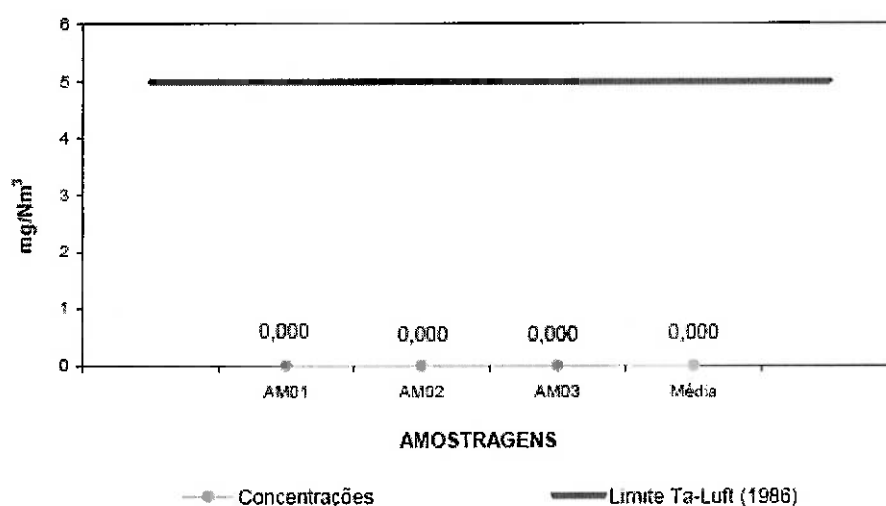


Gráfico 1 - Monitoramento atmosférico de material particulado. (Relatório de Monitoramento Atmosférico Ecoar, 2009)



(*) Resultados expressos graficamente como zero, correspondem ao índice de detecção do método (0,001 mg/Nm^3)

Gráfico 2 - Monitoramento atmosférico de cromo hexavalente. (Relatório de Monitoramento Atmosférico Ecoar, 2009)

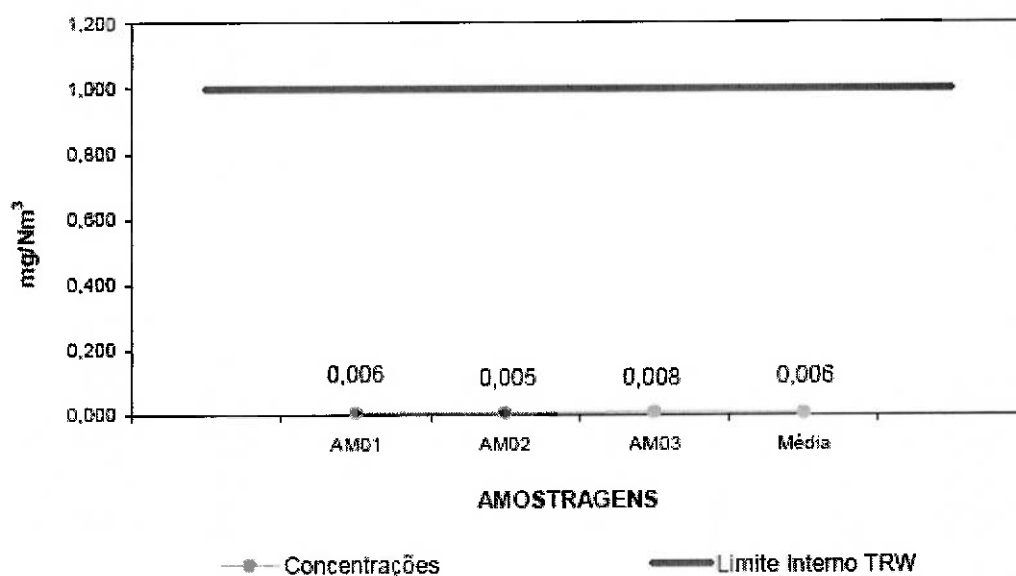


Gráfico 3 - Monitoramento atmosférico de níquel. (Relatório de Monitoramento Atmosférico Ecoar, 2009)

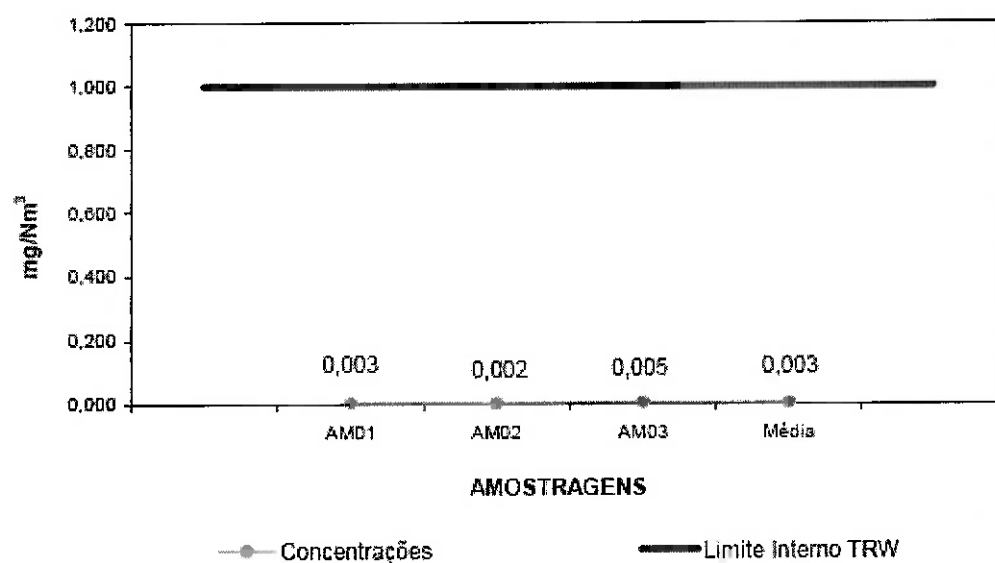


Gráfico 4 - Monitoramento atmosférico de cobalto. (Relatório de Monitoramento Atmosférico Ecoar, 2009)

No Quadro 10 (comparação dos resultados da amostragem) está apresentada a comparação dos resultados obtidos nesta campanha de amostragem.

Quadro 10 - Comparação dos resultados da amostragem. (Relatório de Monitoramento Atmosférico Ecoar, 2009)

<i>Fonte</i>	<i>Parâmetro</i>	<i>Padrão de Emissão</i>	<i>Unidade</i>	<i>Média das Amostragens</i>
Sistema de Exaustão das Máquinas PTA	MP	150 ⁽¹⁾	mg/Nm ³	7,58
	Cr ⁶⁺	5 ⁽²⁾	mg/Nm ³	< 0,001
	Ni	1 ⁽³⁾	mg/Nm ³	0,006
	CO	1 ⁽³⁾	mg/Nm ³	0,003

⁽¹⁾ Deliberação Normativa COPAM Nº 01/92, Minas Gerais.

Atividade Industrial: Diversas

Fonte de Poluição: Fontes Não Listadas

⁽²⁾ Technical Instructions on Air Quality Control - TA LUFT, Alemanha.

⁽³⁾ Padrão Interno TRW - Procedimento Nº BR-G047-051-00.

5 CONCLUSÕES

Optou-se por instalar um sistema de monitoramento via úmida, lavador de gases tipo torre de pratos, levando-se em consideração o menor risco ocupacional apresentado ao funcionário durante a execução de manutenções, a facilidade de se executar as manutenções, a não geração em grande quantidade de resíduo perigoso classe 1 (classificação conforme NBR 10.004), e por se entender que ambientalmente, este tipo de equipamento é o mais eficiente disponível no mercado.

Optou-se por realizar a sucção pela parte inferior da máquina (Figura 45 - sucção do sistema pela parte inferior da máquina), em função da necessidade de se interferir o mínimo possível no processo de soldagem. Como o processo de soldagem é realizado com gás de proteção, uma sucção pela parte superior da máquina poderia alterar os padrões desejáveis para se realizar a solda.

Verificou-se através dos resultados dos exames periódicos ocupacionais realizados nos funcionários que trabalham nas máquinas de solda plasma, que a concentração no organismo dos metais cobalto, níquel e cromo, apresentaram valores menores após alguns meses de funcionamento do sistema de exaustão.

Os efluentes atmosféricos captados pelo sistema de monitoramento estão com níveis de emissão muito abaixo dos limites de tolerância; da mesma forma se encontra a geração de poeira metálica monitorada com a finalidade de prevenção da saúde e da integridade física dos trabalhadores. As duas situações de risco inicialmente identificadas nas máquinas de solda plasma foram consideradas controladas.

Após análise dos laudos de monitoramento atmosférico e de monitoramento ocupacional, concluiu-se que o sistema de monitoramento (exaustão e filtragem) instalado atende a todas as legislações vigentes; segurança, saúde e meio ambiente. Diante desses dados, conclui-se que o sistema atende a todas as necessidades da empresa, estando o mesmo aprovado para uso contínuo.

Dessa forma é esperado cada vez mais proporcionar aos colaboradores um ambiente de trabalho seguro e saudável. Os funcionários precisam realizar suas atividades, certos de que em primeiro lugar na empresa está o seu bem estar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN CONFERENCE FOR GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS – ACGIH. **About ACGIH**. Disponível em: <www.acgih.org>. Último acesso em 12 de abril de 2010.

BRAGA, B. **Introdução à Engenharia Ambiental**. São Paulo: Editora Prentice Hall, 2005.

COPPER. **Specific Health Hazards and Toxins. In Clinical Environmental Health and Toxic Exposures**. USA: Waveland Press, 2002.

ECOAR MONITORAMENTO AMBIENTAL. **Relatório Técnico de Monitoramento em Chaminés, 2009**. Minas Gerais, 2009. 14 p.

GOYER, A. R.; CHERIAN, G. M. **Toxicology of Metals**. Heidelberg: Springer, 1995. p.358-360 Goyer, Cherian. 1995.

LIMA, C. Q. B. **Implantação de Modelos de Gestão para a Segurança e Saúde no Trabalho: Estudo de casos no setor mineral**. Dissertação de mestrado apresentada a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002.139 p.

MESQUITA, A.L.S. GUIMARÃES, F. A.; NEFUSSI, N. **Engenharia de Ventilação Industrial**. São Paulo: CETESB, 2005.

PEREIRA, A.D. **A Atuação do Ministério Público na Aplicação das Normas de Higiene Ocupacional**. Monografia do curso de especialização em Higiene Ocupacional apresentada a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2004. 124 p.

REMIÃO, Fernando. **Ensino da Toxicologia no Âmbito de Projeto**. Faculdade De Farmácia da Universidade do Porto. Portugal, 2007.162 p.

ROBINSON, P.; Macdonell, M. Priorities for mixtures health effects research. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, V.18, p. 201-213, 2004.

SALGADO, P. E. T. **Toxicologia dos Metais**. In: OGA, S. Fundamentos de toxicologia. São Paulo: Ateneu, 1996. cap 3.2, p.154. Salgado, 1996.

SERVIÇO SOCIAL DA INDÚSTRIA. **Relatório Técnico das Condições do Ambiente do Trabalho, 2009**. Minas Gerais, 2009. 112 p.

SISTEPE ANÁLISES INDUSTRIAIS. **Relatório Técnico de Análise Granulométrica, 2008**. Minas Gerais, 2008. 17 p.

TECNOPLÁSTICO BELFANO – BELFANO. **Linhas de Produto Belfano**. Disponível em: <www.belfano.com.br>. Último acesso em 5 de abril de 2010.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Escola Politécnica. Programa de Educação Continuada. **Higiene do Trabalho Parte C – Introdução a Ventilação**. Apostila do curso de Segurança do Trabalho, 2008. 333p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Centro Tecnológico. **Controle da Poluição Atmosférica**. Apostila do curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005. 245p.

WILK-RIVARD, E.; SZEINUK, J. **Occupational Asthma with Paroxysmal Atrial Fibrillation in a Diamond Polisher**. Environ. Health Perspectives, Washington, v.109, p. 1303-1306, 2001.

ANEXO A – Cálculo de Perda de Carga

CÁLCULO DE PERDA DE CARGA	
ITEM	TOTAL
BULE 30°	35,67
CAPTOR FENDA	15,00
CURVA 90° X 1.5	22,25
DAMPER	28,70
DUTOS	174,34
LAVADOR	165,00
MANGOTE FLEXÍVEL	73,87
TRANSIÇÃO	8,54
SOMA TOTAL DOS ITENS	523,38
PERDA DE CARGA TOTAL	600 mmCA

PLANILHA DE PERDA DE CARGA

CÁLCULO PARA ACHAR Ø TUBULAÇÃO		
VAZÃO	VELOCIDADE	Ø mm
155,84	15,83	457

650

MANGOTE FLEXÍVEL		
VAZÃO	VELOCIDADE	COMPR.
14,16	24,83	6

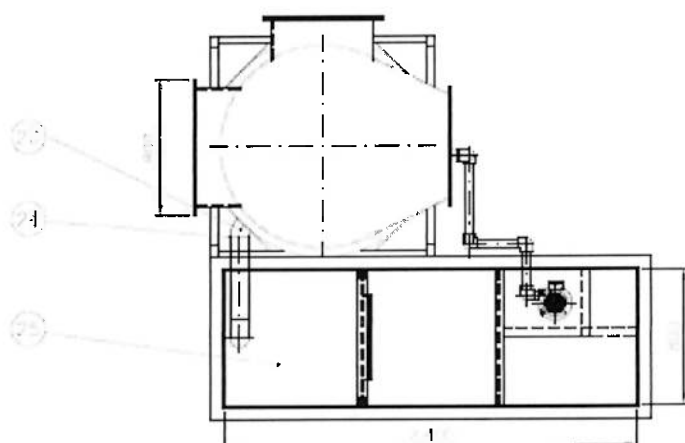
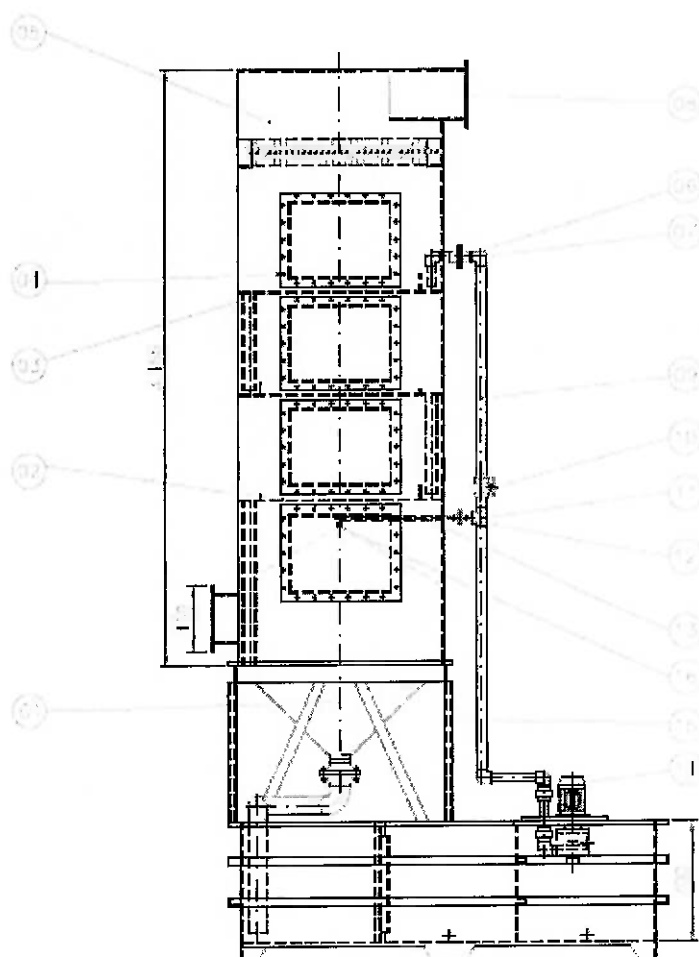
73,87 mmCA

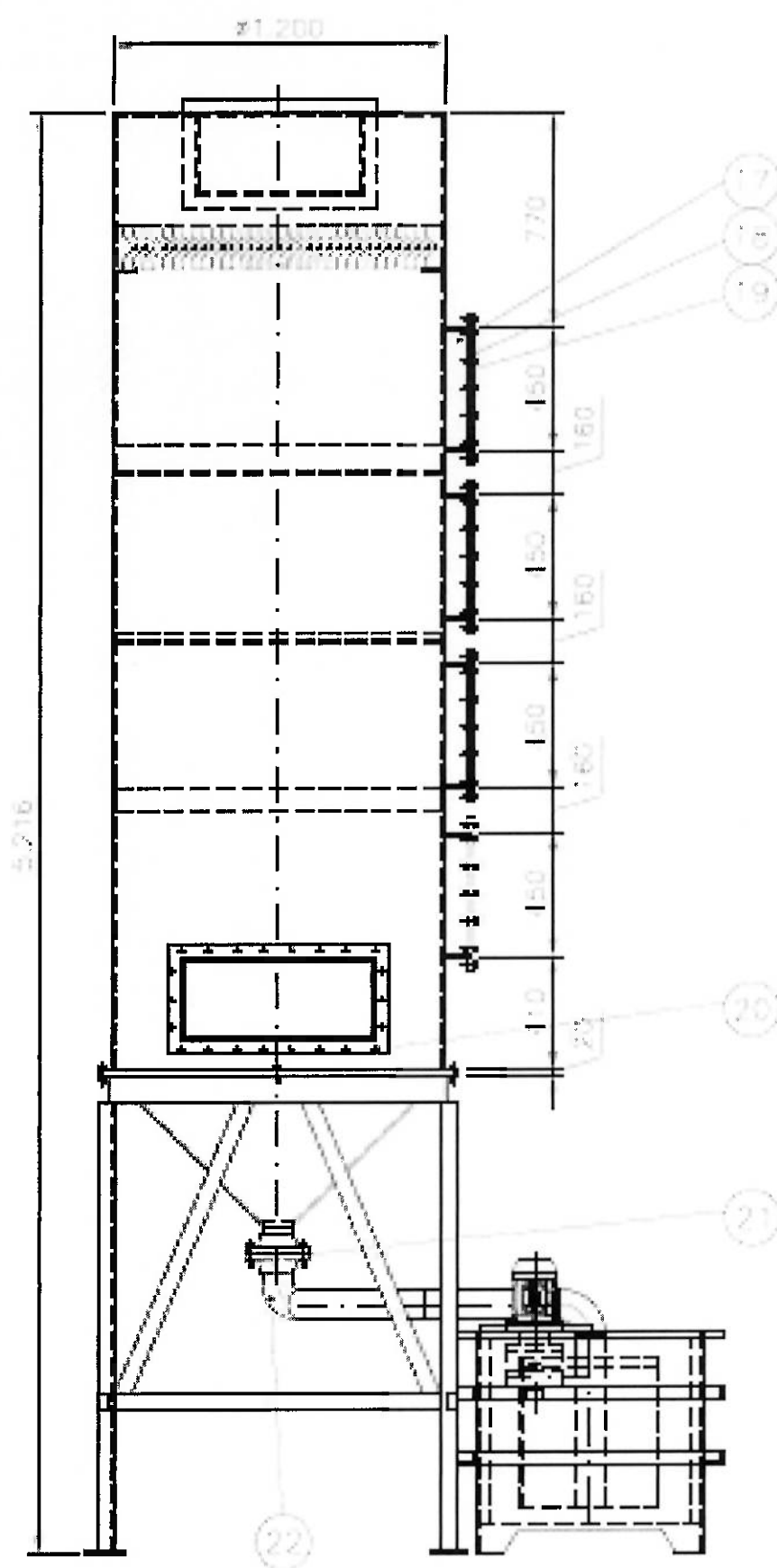
CÁLCULO PARA ACHAR VELOCIDADE NO DUTO		
VAZÃO	Ø DO TUBO	VELOCIDADE
155,84	457	15,83

TUBULAÇÃO RÍGIDO			REAL				
PONTOS	VAZÃO m³/min	ACUMULADO	Veloc.	Ø	METRO	mmCA por metro	mmCA total
1	14,16	14,16	24,83	110	4,1	0,501267402	20,66
2	14,16	28,32	23,48	160	0,05	3,731681818	0,18
3	14,16	42,48	22,54	200	36	2,843570003	95,17
4	28,33	70,81	24,04	250	5	2,278101158	11,39
5	28	98,81	23,38	300	5,2	1,736946238	9,03
6	28,33	127,14	22,08	350	4,9	1,296857435	6,35
7	28,33	155,47	20,56	400	23,6	0,975422877	23,02
8	0,03	155,50	10,83	550	5	0,202024872	1,02
9	0,01	155,51	15,83	457	3	0,505037833	1,52
10	-	-	-	-	-	#VALOR!	0,00
11	-	-	-	-	-	#VALOR!	0,00
12	-	-	-	-	-	#VALOR!	0,00
13	-	-	-	-	-	#VALOR!	0,00
14	-	-	-	-	-	#VALOR!	0,00
15	-	-	-	-	-	#VALOR!	0,00

TOTAL DUTOS 174,34

ANEXO B – Projeto do Lavador de Gases





Item	Descrição
01	Parte inferior do lavador
02	Chapa perfurada 02
03	Chapa perfurada 01
04	Corpo do lavador
05	Parte superior do lavador
06	Flange ANSI Ø 50 mm tubelli
07	Joelho 90° Ø 50 mm soldável tubelli
08	Entrada transição lavador/exaustor
09	Tubo Ø 50 mm soldável tubelli
10	Válvula esfera dupla união Ø 50 mm rosca
11	Tê redução Ø 50 x Ø 20 mm soldável tubelli
12	Flange ANSI Ø 20 mm tubelli
13	Tubo Ø 20 mm soldável tubelli
14	Bomba bomax
15	Suporte do lavador
16	Bico ½" HH PP 35 W/11,5 L/min./0,5 bar
17	Boca de inspeção
18	Chapa 10 x 550 x 400 mm
19	Vedação esponjosa proespuma 50 x 5 mm
20	Entrada exaustão/lavador
21	Flange ANSI Ø 110 mm tubelli
22	Joelho 90 ° Ø 110 mm soldável tubelli
23	Joelho 45° Ø 110 mm soldável tubelli
24	Tubo Ø 110 mm soldável tubelli
25	Tanque decantador