

NILO SERGIO PINTO SOARES

Versão Original

ADEQUAÇÃO DA CABINE DE PINTURA AOS PADRÕES DE VENTILAÇÃO
INDUSTRIAL, PARA ATENDIMENTO DA NR-15 NO RISCO POEIRA/VAPORES

São Paulo

2019

NILO SERGIO PINTO SOARES

ADEQUAÇÃO DA CABINE DE PINTURA AOS PADRÕES DE VENTILAÇÃO
INDUSTRIAL PARA ATENDIMENTO DA NR-15 NO RISCO POEIRA/VAPORES

Monografia apresentada à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para a
obtenção do título de Especialista em
Higiene Ocupacional

São Paulo

2019

Dedico este trabalho ao apoio de minha família, principalmente a minha esposa, pelo seu companheirismo e incentivo. Sempre estive ao meu lado para compreender as horas de estudo que se fizeram necessárias.

AGRADECIMENTOS

Principalmente a Deus o nosso Criador, por me manter firme nos meus propósitos em não desistir nunca.

Aos colegas que estiveram juntos nesta jornada e que dividiram as suas experiências profissionais durante todo o curso.

E em especial aos professores e monitores por todos os ensinamentos fornecidos durante o curso de Especialização em Higiene Ocupacional.

O profissional que se atualiza sempre irá descobrir um novo nicho de trabalho a ser explorado por ele. (pessoal, 2019)

RESUMO

A necessidade de melhorar as condições do ambiente de trabalho exigidas pela legislação vigente, impõe que as empresas realizem novas soluções a serem feitas na ventilação industrial de suas cabines de pintura. Neste contexto, realizou-se o levantamento e análise crítica da cabine de pintura atual, relacionando o sistema existente com as recomendações da Associação Brasileira de Normas Técnicas, ACGHI e aos limites definidos da NR 15 referente a poeira e vapores orgânicos. Adotou-se como alternativa de melhoria da cabine de pintura um novo projeto para o sistema de ventilação, que atenda a Norma ACGHI, em termos de aumento da vazão interna de ar e substituição por novos equipamentos com dimensionamento de maior potência de exaustão. Sendo assim, ficou demonstrado que mudanças se fazem necessárias no sistema de ventilação da cabine para melhorar as condições de trabalho dos pintores e reduzir a quantidade de poluentes lançados para o meio ambiente.

Palavras-chave: Condições. Ventilação Industrial. Cabine de Pintura.

ABSTRACT

The need to improve the working environment conditions required by current legislation requires companies to make new solutions for the industrial ventilation of their spray booths. In this context, a survey and critical analysis of the current painting booth was carried out, relating the existing system to the recommendations of the Brazilian Association of Technical Standards, ACGHI and the defined limits of NR 15 regarding organic dust and vapors. As an alternative for the improvement of the painting booth, a new design for the ventilation system that meets the ACGHI Standard was adopted, in terms of increased internal air flow and replacing it with new equipment with a larger exhaust power dimensioning. Thus, it has been shown that changes are required to the cabin ventilation system to improve painters working conditions and reduce the amount of pollutants released into the environment.

Keywords: Conditions. Industrial Ventilation. Spray Booths.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Composição da tinta	20
Figura 2 – Localização adequada e inadequada de ventiladores ACGIH	29
Figura 3 – Regiões mortas de estagnação do ar	30
Figura 4 – Componentes sistema de ventilação exaustora local	32
Figura 5 – Eficiência de controle de um filtro	36
Figura 6 – Principais tipos de ventiladores	44
Figura 7 – Tipos de chaminé	51
Figura 8 – Cabine de pintura vista frontal externa	55
Figura 9 – Cabine de pintura vista lateral externa	55
Figura 10 – Cabine de pintura interna fundo para fora	56
Figura 11 – Filtros da cabine de pintura ao fundo	57
Figura 12 – Porta principal da cabine com os filtros	59
Figura 13 – Ventilador axial	60
Figura 14 – Porta entrada pintores sem mola	60
Figura 15 – Exposição do ventilador a intemperes	61
Figura 16 – Local onde está instalado o ventilador e o motor	61
Figura 17 – Barras de ferro obstruindo a saída do teto do duto	63
Figura 18 – Falta de chaminé	63
Figura 19 – Análise lab. vapores	64
Figura 20 – Análise lab. poeira	64
Figura 21 - Placa de identificação do motor	66

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Eficiência de coleta	42
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Velocidade de captura.....	33
Tabela 2 - Tipos de filtros e classificação	40
Tabela 3 - Tecidos utilizados na fabricação de filtros industriais	41
Tabela 4 - Tabela Ventiladores Centrífugos	69
Tabela 5 - Tabela Lavador de Gases	69
Tabela 6 - Quadro comparativo Cenário Atual x Projetado	71

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 OBJETIVO	17
1.2 JUSTIFICATIVA	17
2 REVISÃO DA LITERATURA	18
2.1 CABINE DE PINTURA	18
2.2 COMPOSIÇÃO DA TINTA	19
2.3 PINTURA DO VEÍCULO	21
2.4 CABINE DE PINTURA NO MERCADO ATUAL	22
2.4.1 Painéis isotérmicos em poliestileno expandido (EPS)	24
2.4.2 Tipos de cabine de pintura	24
2.4.2.1 Cabine de pintura a seco	24
2.4.2.2 Cabine de pintura com cortina d'água	24
2.4.2.3 Cabine de pintura eletrostática a pó	25
2.4.3. Sistema de fluxo de ar em cabines de pintura	25
2.4.3.1 Cabine aberta	25
2.4.3.2 Cabine não pressurizada	25
2.4.3.3 Cabine pressurizada	26
2.4.3.4 Cabine crowsflow	26
2.4.3.5 Cabine dowdraft	26
2.4.3.6 Cabine semi dowdraft	26
2.4.3.7 Cabine side dowdraft	27
2.4.4 Cabine de pintura como área fortemente explosiva	27
2.5 VENTILAÇÃO INDUSTRIAL	27
2.5.1 Insuflação	29
2.5.2 Ventilação local exaustora	30
2.5.2.1 Captores	32
2.5.2.2 Dutos	33
2.5.2.2.1 Dimensionamento dos dutos para insuflamento e aspiração	34
2.5.2.2.2 Material dos dutos	34
2.5.3 Equipamentos de controle de poluição do ar	35

2.5.3.1 Eficiência de controle de penetração.....	35
2.5.3.2 Equipamento para coleta de material	36
2.5.4 Conjunto ventilador.....	43
2.5.4.1 Principais tipos – vantagens e desvantagens.....	43
2.5.4.1.1 Ventilador centrífugo radial	44
2.5.4.1.2 Ventilador centrífugo de pás para trás	44
2.5.4.1.3 Ventilador centrífugo de pás curvada para frente	45
2.5.4.1.4 Ventilador axial propulsor	45
2.5.4.1.5 Ventilador axial com aerofólio.....	45
2.5.4.2 Classificação dos ventiladores quanto a pressão.....	46
2.5.4.2.1 Como calcular a pressão e a potência.....	46
2.5.4.3 Efeito da variação da densidade do fluido.....	47
2.5.4.4 Escolha do ventilador	48
2.5.4.5 Localização do ventilador	49
2.5.4.6 Instalação do ventilador.....	49
2.5.4.7 Interligação do ventilador ao sistema	49
2.5.5 Motor.....	50
2.5.6 Chaminé	50
2.6 AVALIAÇÃO AMBIENTAL DOS RISCOS NA CABINE DE PINTURA.....	52
3 MATERIAIS E MÉTODOS	54
3.1 MATERIAIS	54
3.2 METODO.....	54
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
4.1 DEFICIÊNCIA DO SISTEMA ATUAL	59
4.2 PROPOSTA DO SISTEMA NOVO PROPOSTO.....	66
5 CONCLUSÕES.....	71
6 REFERÊNCIAS	73

1 INTRODUÇÃO

Com o aumento da poluição ambiental, as empresas em operação com atividades produtivas potencialmente poluidoras precisam obter a concessão da licença de operação. Para que isso ocorra, são definidas exigências pelos órgãos ambientais do controle dos seus poluentes para evitar impactos ao meio ambiente. Os órgãos ambientais de âmbito Estadual foram os responsáveis em definir e discriminar essa política de proteção ao meio ambiente com referência aos controles ambientais a serem adotados pelas empresas para obtenção do licenciamento ambiental (Cartilha INEA, 2014).

A cabine de pintura surge como uma opção no controle dos poluentes para o meio ambiente. As empresas de transporte Rodoviário são consideradas pelos órgãos ambientais como atividades potencialmente poluidoras, devido ao grande número de resíduos nocivos lançados ao meio ambiente (Cartilha INEA, 2014).

Durante a pintura dos ônibus são gerados poluentes de emissões gasosas de névoa de tinta e material particulado do lixamento. Uma das exigências estabelecidas pelos órgãos estaduais do meio ambiente é que os trabalhos de pintura da carroceria dos ônibus sejam realizados no interior da cabine de pintura (Cartilha INEA, 2014).

Além disso, a Secretaria do Trabalho, através de seus fiscais do trabalho fazem operações de fiscalização nas empresas e exigem a confecção do PPRA (Programa de Prevenção dos Riscos Ambientais). Este programa deve conter o registro das avaliações ambientais e dos riscos que estão sujeitos os trabalhadores da empresa, neste estudo pintores (NR-9, 1995).

Para que todos estes controles ambientais sejam possíveis a escolha correta de uma cabine de pintura que controle os seus poluentes é de fundamental importância no processo. As medidas de engenharia (ventilação industrial), medidas administrativas (normas de manutenção e limpeza) e medidas de controle Pessoal (exames médicos, equipamentos de proteção, treinamento e educação, higiene pessoal e monitoramento ambiental) devem ser implementados (Universidade de São, 2019).

1.1 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é analisar as condições atuais de uma cabine de pintura numa empresa de transporte rodoviário e sugerir as adequações que deverão ser implementadas para atendimento aos limites da NR-15 e ACGIH.

Em face do exposto, o objetivo geral do trabalho foi analisar uma cabine de pintura de uma empresa de transporte rodoviário x. Especificamente, almejou-se identificar se as avaliações ambientais apresentadas na referida empresa estão em conformidade com os limites legais vigentes e normas aplicáveis, de modo a apontar as desconformidades encontradas e propor melhorias na cabine em termos de ventilação industrial.

1.2 JUSTIFICATIVA

Como engenheiro de segurança do trabalho, pelos trabalhos realizados ao longo do tempo, observo que muitas empresas para atendimento a legislação constrói uma cabine de pintura que sirva como prova apenas para atender a fiscalização do Ministério do Trabalho e a determinação da fiscalização ambiental. Sendo assim, é instalado um sistema de ventilação básico com filtros cartonados de baixo custo e que com o tempo de uso, pelo acúmulo de material particulado, perde-se drasticamente a sua capacidade de exaustão, tornando o ambiente insalubre para os trabalhadores ali expostos.

Por observar com frequência essa situação da exposição destes trabalhadores que fazem o serviço de pintura em cabines, houve interesse por mim, no tema que trata da ventilação Industrial numa cabine de pintura e de validar se realmente a cabine escolhida, como exemplo, está com uma ventilação de exaustão dentro dos limites reconhecidos pelas normas vigentes.

2 REVISÃO DA LITERATURA

A empresa de transporte rodoviário x analisada faz diariamente o reparo na lataria dos ônibus de sua frota. Os reparos de pintura na lataria ocorrem devido a ocorrência de arranhões, amassados, riscos, batidas e morsas durante um dia de trabalho da frota. São abertas ordens de serviço ao final do dia para que os serviços de pintura e reparos sejam feitos na oficina da empresa. Na troca para uma nova frota e venda de ônibus para outras empresas também são realizados os serviços de pintura dentro da cabine de pintura. (informação verbal)¹.

Antes de efetuar a pintura em qualquer parte do ônibus, este deve passar pelo setor de lanternagem da empresa. Na lanternagem a lataria será preparada pelo lanterneiro antes da pintura. O serviço realizado na lanternagem é de instalação de chapas novas, aplicação de massa rápida cinza universal, massa poliéster e massa plástica. Qualquer imperfeição na lataria será corrigida com aplicação de massa e posterior lixamento com lixa grossa a fina para dar acabamento. (informação verbal)¹.

Após o trabalho de lanternagem no ônibus, este é liberado para o setor de pintura. No setor de pintura o ônibus é trazido para interior da cabine de pintura para ser trabalhado pelo pintor. (informação verbal)¹.

1. Informação fornecida pelo encarregado de oficina Leandro Silva durante a entrevista, Niterói, em 14 de agosto de 2019.

2.1 CABINE DE PINTURA

Para realizar a atividade de pintura numa empresa deverá, obrigatoriamente, implantar uma cabine de pintura com ventilação/exaustão, equipada com sistema adequado ao controle das emissões de material particulado e emissões gasosas.

Além do enquadramento à legislação vigente, o uso de cabines de pintura e estufas de secagem garante uma pintura melhor, pois elas impedem que partículas de pó prejudiquem a qualidade do serviço e permitem que o prestador trabalhe em condições adequadas, devido à filtragem e renovação do ar. No entanto, ainda

assim, é recomendável que o pintor use respiradores e roupas de proteção, hoje existentes no mercado a baixo custo, para assegurar que não haja a inalação, nem absorção pela pele, de solventes e/ou materiais particulados finamente divididos e prejudiciais à saúde. (Cartilha do INEA, 2014).

As cabines de pintura podem ser do tipo com pressão, positiva ou com pressão negativa. Em ambos os tipos, o ar contaminado com pigmentos, solventes e partículas em suspensão, é aspirado para garantir uma pintura melhor e um ambiente mais limpo ao pintor. (Cartilha do INEA, 2014).

Desde a inclusão dos compressores de tinta de pulverização para auxiliar e agilizar os processos de pintura nos diferentes segmentos do mercado, como em indústrias, funilarias, serralherias e tantos outros que possuem o tingimento em seus processos de produção, as cabines de pintura tornaram-se necessárias para garantir a segurança e qualidade no processo. (zanottirefrigeração, 2018).

Esse ar contaminado e aspirado do interior da cabine nunca deve ser lançado diretamente à atmosfera sem antes de passar por uma limpeza adequada. O sistema de limpeza apresenta, basicamente, uma etapa de filtração dos pigmentos e partículas em suspensão e uma etapa de purificação do ar, na qual são removidos os vapores e odores. (Cartilha do INEA, 2014).

2.2 COMPOSIÇÃO DA TINTA

As tintas automotivas são compostas por: veículos, pigmentos e aditivos. Nessa composição temos: (Gelson luz, 2019).

1 – Os veículos são produtos químicos incorporados às tintas a fim de lhes conferir algumas características especiais. Alguns dos veículos mais utilizados são: secantes, plastificantes, fungicidas, glicerina, resinas e outros derivados oxigenados). Podem ser voláteis ou não (caso das resinas).

2 - Os pigmentos podem ser ativos e inertes: os ativos definem a cor da tinta e os inertes são responsáveis pela consistência e dureza dela. Os pigmentos são complexos orgânicos ou inorgânicos, dão a tonalidade.

3 - Os aditivos é o responsável pela película protetora em que a tinta se transforma depois de seca. Os aditivos são: polímeros, surfactantes, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) e nanopartículas (NP).

Figura 1 - Composição da Tinta



Fonte: Pessoal (2019).

Os solventes são utilizados apenas na aplicação da tinta, visando facilitar a aplicação sobre a superfície a ser recoberta. Entre os mais utilizados encontram-se: água, aguarrás, álcool, acetona e diesel. (Martins, 2009).

A maioria dos componentes das tintas são eliminados durante o processo de secagem/catálise, sendo que apenas o pigmento e a parte dos aditivos (considerados “sólidos”) fazem parte da camada de tinta, também conhecida como filme. (Martins, 2009).

O processo de catálise da tinta faz com que os componentes considerados voláteis, aqui estão incluídos os solventes, se desprendam dos sólidos da tinta liberando vapores que geralmente são inflamáveis (Martins, 2009).

Para limpeza das chapas novas o pintor utiliza o thinner. O thinner é um solvente recomendado apenas para diluição na hora da limpeza. Não é indicado para diluição de esmaltes e tintas para aplicação, pois com essa finalidade adianta a secagem, enruga a pintura e tira o brilho da tinta. (informação verbal)¹.

1. Informação fornecida pelo encarregado de oficina Leandro Silva durante a entrevista, Niterói, em 14 de agosto de 2019.

2.3 PINTURA DO VEÍCULO

Segundo o encarregado da oficina o Sr. Leandro¹, 2019, cada pintor executa o trabalho de acordo com o grau do seu conhecimento profissional, sob a orientação da supervisão da oficina. O pintor também recebe as orientações do fornecedor da tinta e do fabricante sobre as etapas e proporções a serem usadas durante o trabalho de pintura. A qualidade do serviço vai depender muito do profissional que realiza o trabalho de pintura, pois quanto menos evidências a área repintada apresentar, comparada com a pintura original, melhor será o resultado deste profissional.

O trabalho inicial do pintor é de fazer uma inspeção na área a ser pintada, correção de pequenos defeitos, e aplicação de uma tinta de fundo denominada de primer. Na empresa em estudo adota o produto chamado “WashPrimer” (adesivo plástico).

Quando a chapa é nova (virgem) antes de aplicar o primer é feita a limpeza da chapa com um desengraxante (thinner) de segunda linha, este retira todas as impurezas depositadas e a gordura de proteção da chapa. O objetivo da aplicação do desengraxante é dar maior aderência da tinta do primer sobre a chapa. O uso da tinta de fundo tem as funções principais de oferecer proteção anticorrosiva e melhor aderência do acabamento. De acordo com o fornecedor da tinta, a proporção usada é de 3 litros (primer) x 1 litro (catalizador).

A utilização geral das tintas visa à formação de uma eficaz proteção anticorrosiva e ocorre em geral em três etapas: preparação da superfície metálica, aplicação da tinta de fundo ou primer, pintura intermediária em alguns casos e aplicação da tinta de acabamento.

A empresa X em estudo adota como pintura intermediária o “primer Pu – adesivo plástico”. A proporção também é de 3 litros (primer) x 1 litro (catalizador). Este serve para correção, visualizar as imperfeições sobre a chapa e acerto de pequenos defeitos. Caso eles se apresentem, são usadas massas que preenchem os defeitos preexistentes da pintura. Após ser endurecida (curada), a massa (Polylight – massa poliéster ou massa plástica) é lixada para conferir regularidade no acabamento de toda a superfície. A lixa utilizada na execução deste serviço é a de granulação fina 320.

Depois de preparada a superfície, as partes não pintadas são cobertas com papel e fita adesiva. O objetivo é evitar que a névoa de tinta seja depositada em local indevido (borrachas, vidros e chapas).

Por fim, a aplicação da tinta de acabamento chamada de tinta PU. A pintura com tinta PU (poliuretano) tem melhor qualidade atualmente em termos de acabamento perfeito, facilidade de aplicação, ótima resistência física e química, esse tipo de revestimento é muito usado em chapas metálicas e não metálicas (Plastintintas, 2019).

A tinta PU deve ser misturada com um catalizador indicado pelo fornecedor da tinta. É obrigatório que o catalisador seja adicionado a tinta PU antes do diluente (solvente). Além disso, é fundamental determinar a quantidade certa do produto, de maneira precisa conforme especificação do fornecedor. Na empresa em estudo a proporção é de 3 litros de tinta PU para 1 litro de catalizador. O uso do catalizador para tinta PU assegura que a pintura seque rapidamente e, mais do que isso, que o acabamento não desgaste com o tempo, oferecendo maior resistência e durabilidade ao revestimento. (informação verbal)¹.

Toda a aplicação da tinta, dentro da cabine, é feita com revolver de tinta, também chamado de pistola pelos pintores. É um equipamento que possui uma válvula de ar e alimentação por sucção. A mangueira do ar comprimido é ligada a pistola, produzindo vácuo, que faz com que a tinta seja aspirada para o fluxo de ar. A limpeza da pistola de tinta é feita com thinner. (informação verbal)¹.

Após a aplicação da tinta PU deve aguardar estacionado o veículo dentro da cabine, por cerca de 72 horas, para secagem por completo da tinta. (informação verbal)¹.

1. Informação fornecida pelo encarregado de oficina Leandro Silva durante a entrevista, Niterói, em 14 de agosto de 2019.

2.4 CABINE DE PINTURA NO MERCADO ATUAL

A melhor e mais indicada maneira de serem construídas é utilizando Painéis Isotérmicos com núcleo em EPS (Poliestireno Expandido), por ser um material limpo, prático e ainda contar com baixo custo de aquisição e montagem. Além disso, caso

o processo e\ou produto que são feitos na cabine de pintura sejam alterados sua estrutura pode ser facilmente adaptada quanto às suas dimensões e especificações, ou seja, basta reordenar a estrutura sem que haja perda de material e tempo. (zanottirefrigeracao, 2018).

O uso de ar comprimido nas pistolas, acionadas por compressores, aumentou a praticidade e melhora na qualidade do acabamento e redução do tempo do serviço, comparado com outros meios convencionais de pintura, tornando-se ideal o uso em projetos de grandes cabines.

Em contrapartida, os compressores de tinta de pulverização soltam no ar partículas de tinta, algumas dessas partículas não atingem o objeto a ser pintado e sim algo que esteja na proximidade, como pessoas ou animais. (zanottirefrigeracao, 2018).

Existe um risco de contaminação do profissional que realiza o trabalho, deste modo deve usar um epi (equipamento de proteção individual) específico para garantir a sua segurança.

Outro ponto importante é a necessidade de isolar o ambiente em que ocorrerá a pintura, para garantir a proteção dos envolvidos, trabalhador e produto, já que ele não deve ficar exposto a contaminações de poeira ou outros resíduos, portanto, a instalação de uma cabine de pintura é de extrema importância. (zanottirefrigeracao, 2018).

Uma cabine de pintura não é apenas uma área fechada, para um bom funcionamento são necessárias algumas normas e exigências.

Quanto a iluminação, para uma melhor visibilidade e percepção de possíveis defeitos, as luminárias com lâmpada de luz branca são as melhores para não haver distinção de cor na hora do tingimento do objeto. Em um ambiente de pintura, o mais indicado é uma iluminação acima de 750 lux (NH0-11, 2018).

O ambiente deve ser livre de impurezas. É possível controlar o nível de pureza da cabine de pintura, como já mencionado anteriormente, são usados filtros com densidade progressiva que eliminam qualquer partícula externa que esteja contaminada. Esses filtros são instalados também no sistema de exaustão de saída de ar, garantindo que os componentes insalubres da tinta, não contaminem o meio ambiente. (zanottirefrigeracao, 2018).

Alguns tipos de cabines de pintura dispõem de recursos de secagem primária, a principal vantagem é uma secagem mais rápida, dando espaço mais rapidamente para novos produtos que devem ser pintados.

2.4.1 Painéis Isotérmicos em poliestireno expandido (EPS)

A construção das cabines de pintura com painéis isotérmicos. Já faz algum tempo que o painel isotérmico de EPS está no mercado, e inclusive atende todas às exigências normativas de conforto térmico (NBR 10411 – Inspeção e amostragem de isolantes térmicos), desempenho estrutural e de impermeabilidade. Esse sistema é o que há de mais avançado na construção civil na Europa, Estados Unidos e Canadá, por não agredir o meio ambiente, economizar, racionalizar energia e proporcionar conforto térmico acústico. (zanottirefrigeracao, 2018).

Sua estrutura possui elementos que são responsáveis pelo conforto térmico da edificação, a parede é o elemento responsável principal por absorver o calor externo. A construção fica mais leve, com alta resistência à compressão e vibração mecânica. Sua aplicação é indicada para câmaras frigoríficas e locais que necessitam do controle e da baixa temperatura.

2.4.2 Tipos de cabine de pintura

As cabines de pintura são construídas por fechamentos metálicos, a montagem com painéis isotérmicos é mais flexível, pois permite ter o tamanho que o projeto demandar.

É possível seu uso para pinturas de peças pequenas ou grandes, vai depender do projeto da cabine. Temos os seguintes tipos: (zanottirefrigeracao, 2018).

2.4.2.1 Cabine de pintura a seco

A cabine de pintura a seco realiza o processo de filtração por meio de filtros descartáveis de poliéster, todas as partículas indesejáveis são retidas e descartadas ao ar, sem resíduos de impurezas ou agentes químicos.

2.4.2.2 Cabine de pintura com cortina d'água

A cabine de pintura com cortina d'água possui uma alta eficiência, a cortina d'água na parte frontal cria uma barreira através de gases por spray que faz uma limpeza contínua do ar. Como se lavasse o ar eliminando o excesso da pulverização, mantém o ambiente limpo e se adequa ao processo de exaustão do ar.

2.4.2.3 Cabine de pintura eletrostática a pó

A cabine de pintura eletrostática a pó opera com tinta em pó à base de resinas de poliéster, epóxi, nylon dentre outras. É destinada para revestimento eletrostático de metais como, por exemplo, peças de aço, aço zincado, alumínio, magnésio e outros. Podem ser fabricadas com espaços laterais para passagem de transportador aéreo, ou fechadas para carga e descarga manual.

2.4.3 Sistema de fluxo de ar em cabines de pintura

Dependendo da funcionalidade a que se destina a cabine, existem diferentes tipos de sistemas de fluxo de ar que se adequam a cada estrutura. A troca de ar é necessária para evitar a concentração de poluentes no seu interior, pois ar contaminado danifica acabamento de qualidade e prejudica o profissional que ali trabalha. Os sistemas de fluxo de ar operam para eliminar impurezas do ar externo e enviam um ar puro para o ambiente interno. O ar parado é devolvido para o ambiente externo por exaustão. Temos o seguinte: (zanottirefrigeracao, 2018).

2.4.3.1 Cabine Aberta

A cabine aberta é construída por dois painéis laterais, teto e uma câmara traseira de filtro de exaustão. O sistema de fluxo de ar é projetado de forma que o ar passe pela abertura na cabine, através do direcionamento do filtro de exaustão e seja eliminado da estrutura pelo ventilador do exaustor. Esse tipo de cabine é direcionado a produtos que não precisam estar totalmente em áreas fechadas, por sofrer pouco risco de contaminação.

2.4.3.2 Cabine Não Pressurizada

A cabine não pressurizada é totalmente fechada, geralmente o ar é conduzido para a área de entrada da cabine para que fique em contato com a área de spray. Os filtros são montados na porta de entrada da cabine ou em uma câmara, o ar é eliminado da estrutura pelo ventilador do exaustor. Esse tipo de sistema oferece um controle limitado ao operador sobre a temperatura do ar da cabine.

2.4.3.3 Cabine Pressurizada

Assim como a cabine não pressurizada, a cabine pressurizada também é totalmente fechada e o ar é eliminado da estrutura pelo ventilador do exaustor, porém o abastecimento de ar da cabine tem um volume similar ao ar expelido. Dessa maneira é possível ter um controle melhor da temperatura e limpeza do ar circulado na estrutura.

2.4.3.4 Cabine Crossflow

A cabine crossflow possui um sistema de fluxo de ar projetado para que o ar que circule na estrutura, flua de um lado a outra extremidade da cabine, o qual será expelido por exaustão. O sistema crossflow move o ar que passa pelo produto a ser pintado, removendo o solvente para que não ocorra excesso de pulverização.

2.4.3.5 Cabine Downdraft

O sistema de fluxo de ar da cabine downdraft é projetado para que o ar entre pelo teto e saia pelo piso. Para esse tipo de cabine é necessário um sistema de túnel ou poço para extrair o ar central do piso da cabine, outra maneira seria construir a cabine com piso elevado para que o ar seja extraído pela grelha do piso e direcionado para o interior de uma caixa fabricada para suportar toda a sua estrutura.

2.4.3.6 Cabine Semi Downdraft

O sistema de fluxo de ar da cabine semi downdraft é projetado de forma que o ar em movimento na estrutura flua da área de entrada do teto, em direção à área de exaustão localizada em outra estrutura da cabine.

2.4.3.7 Cabine Side Downdraft

A cabine side downdraft possui um sistema de fluxo de ar para que o ar em movimento flua de forma diagonal, da entrada pelo teto para a área de exaustão através das paredes laterais rentes ao piso.

2.4.4 Cabine de pintura como área potencialmente explosiva

A norma regulamentadora NR33 (2006), tem como objetivo estabelecer os requisitos mínimos para identificação de espaços confinados, bem como os critérios de reconhecimento, avaliação, monitoramento e controle dos riscos existentes nessas áreas, a fim de garantir a segurança e saúde dos trabalhadores que interagem com espaços confinados.

A NR33 (2006), classifica um espaço confinado como um ambiente não projetado para contínua ocupação humana, que possua meios limitados de entrada e saída, cuja ventilação existente é insuficiente para remover contaminantes ou, onde possa existir a deficiência ou enriquecimento de oxigênio. Essa norma também define uma área classificada como qualquer área potencialmente explosiva ou com risco de explosão.

O processo de vaporização da cabine de pintura gera vapores inflamáveis podendo causar incêndio e explosões. O grau de risco varia e deve ser considerado dentro do dimensionamento desse sistema (WOODS, 1970).

De acordo com a norma NBR IEC 60079-10 (2006), o ambiente cuja atmosfera possua uma quantidade de vapor com potencial explosivo, deve possuir um sistema de ventilação adequado para manter a concentração desse contaminante abaixo do limite de explosividade.

2.5 VENTILAÇÃO INDUSTRIAL

A ventilação Industrial é extremamente importante no controle dos agentes químicos tóxicos, é tida como a mais importante medida de controle por não interferir no processo e ser eficiente na captura de poluentes (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2019).

Use a ventilação geral diluidora somente se o contaminante for de baixa toxicidade, o volume gerado for pequeno, a geração for uniforme próximo da saída, o trabalhador estiver longe da fonte e se o ar da sala se misturar facilmente ao ar da diluição, caso contrário use ventilação local exaustora (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2019).

(Mesquita, 1985) e (Macintyre, 2005), classificam o sistema de ventilação da mesma forma: insuflação, por exaustão, ou por insuflação-exaustão:

A ventilação deve ser tratada para:

1 - Manutenção do conforto e eficiência do homem, através:

- a. Do restabelecimento das condições atmosféricas alteradas pela presença do homem;
- b. Da refrigeração do ar ou do homem;
- c. Do aquecimento do ar no inverno.

2 - Manutenção da saúde e segurança do homem, através:

- a. Da redução da concentração de aerodispersóides nocivos até que baixe a valores compatíveis com a saúde;
- b. Da manutenção da concentração de gases, vapores e poeiras, inflamáveis ou explosivos, fora das faixas de inflamabilidade ou de explosão.

A ventilação geral diluidora obtida mecanicamente é usada quando a ventilação natural não possuir condições de confiabilidade e eficiência para atender à vazão, temperatura e umidade desejadas (Macintyre, 2005, pág. 73).

De acordo com Macintyre, Archibald Joseph (2005, p.75) neste caso, há ventiladores que insuflam o ar e ventiladores que removem o ar do recinto, quer sejam colocados diretamente, quer seja atuando através de sistemas de dutos.

Consegue-se, assim uma ventilação mais controlável tanto em relação à qualidade do ar que entra, quanto à distribuição no mesmo recinto.

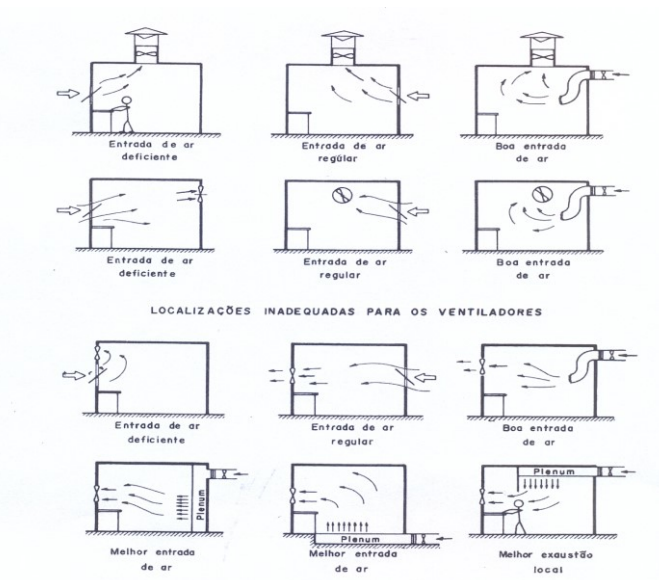
Trata-se, portanto, de um sistema misto de ventilação, que utiliza a combinação de ventilação por insuflamento e por exaustão.

Tratando-se de um sistema mais dispendioso, o sistema misto, evidentemente, só deverá ser adotado quando a ventilação não puder ser resolvida satisfatoriamente por um deles isoladamente.

2.5.1 Insuflação

A insuflação mecânica permite um bom controle da incidência do ar e um melhor controle da pureza do ar insuflado do que no caso da ventilação natural. Usa-se, também, quando é necessário impedir que o ar contaminado de um outro recinto penetre naquele que se está pretendendo ventilar (Macintyre, 2005, p.73).

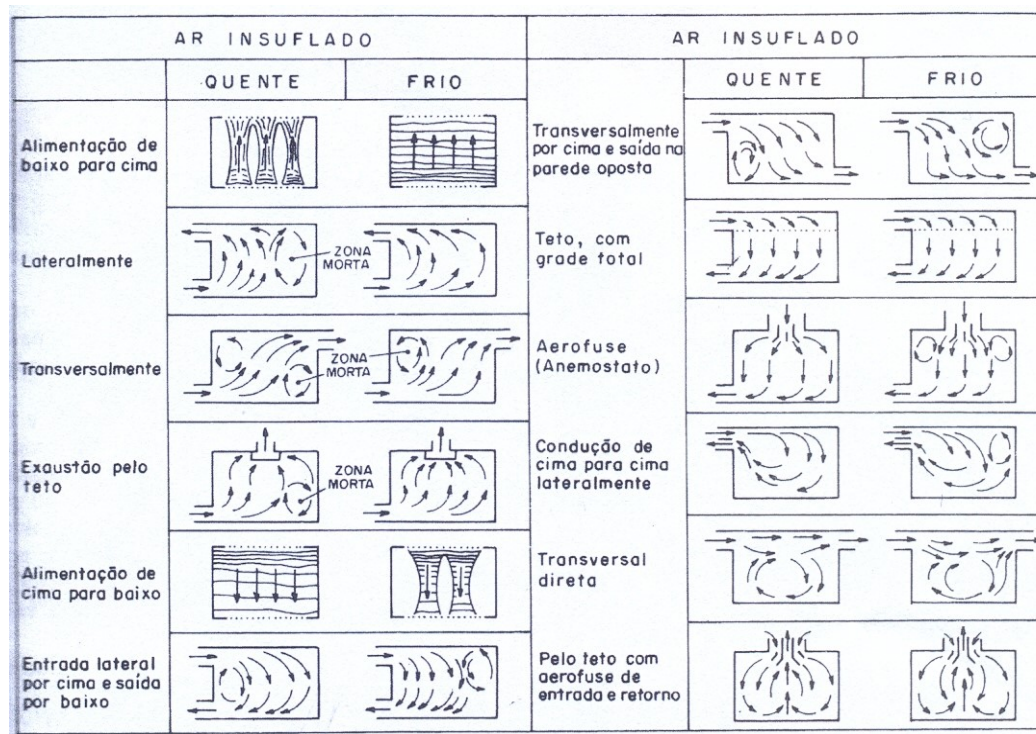
A Fig. 2 apresenta indicações da ACGIH quanto a localizações inadequadas e adequadas dos ventiladores, para diversas hipóteses com relação à entrada de ar no recinto. Vê-se que a utilização de uma câmara grande com ampla área de saída para o ar atende a condições mais favoráveis, conquanto seja maior custo.



Fonte: (Macintyre, 2005, p.76)

Pode-se, escolhendo adequadamente os ventiladores, conseguir que a pressão no recinto seja maior, igual ou menor que a reinante no exterior.

Na Fig. 3 percebem-se situações satisfatórias e situações insatisfatórias devido à formação de “regiões mortas”, isto é, de estagnação da corrente de ar:



Fonte: (Macintyre, 2005, p.77).

A instalação de insuflação e exaustão mecânicas em sua forma mais completa pode permitir a captação do ar em local não-poluído, realizar a filtragem dele, caso necessário, e realizar o insuflamento em “bocas” dispostas convenientemente ao longo de um ou mais dutos. (Macintyre, 2005).

O ar contaminado no recinto poderá ser lançado no exterior livremente, em certos casos, por ventiladores nas paredes ou no teto, e, se necessário, deverá ser “tratado”, isto é, despoluído, antes de descarregado na atmosfera. (Macintyre, 2005).

O ar de reposição deve ser tomado em locais distantes de fontes de contaminação (chaminés etc.) e introduzido no ambiente (65 a 80 °F) a alturas inferiores a 10 pés (3 m), a fim de possibilitar inicialmente seu uso pelos ocupantes do ambiente (Mesquita, 1943, p.176).

2.5.2 Ventilação Local Exaustora

A ventilação local exaustora tem como objetivo principal a proteção da saúde do trabalhador, uma vez que capta os poluentes de uma fonte (gases,

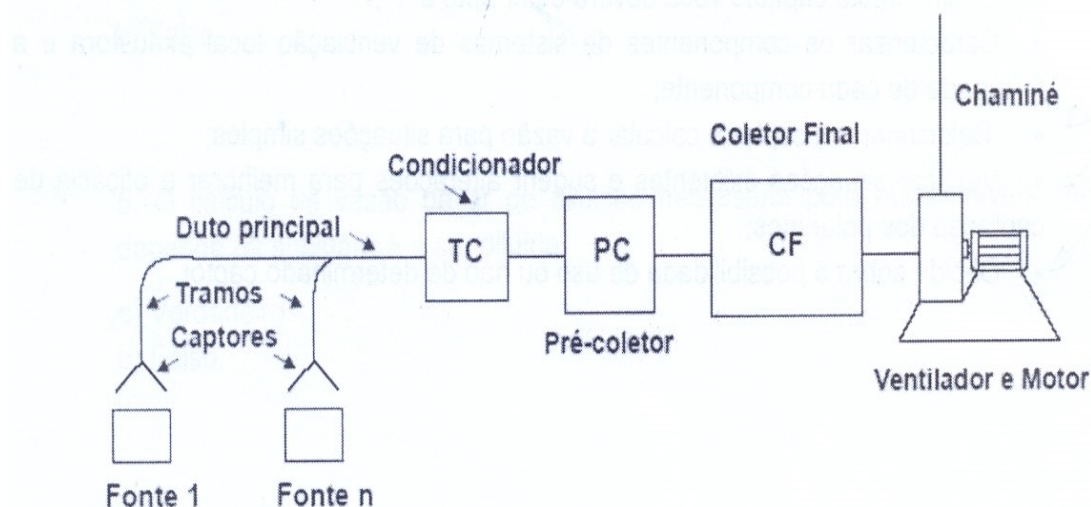
vapores ou poeiras tóxicas) antes que eles se dispersem no ar ambiente de trabalho, ou seja, antes que atinjam a zona de respiração do trabalhador.

A UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, (2019), descreve os componentes da ventilação local exaustora nas seguintes partes:

1. Capttores – os capttores são os pontos de entrada dos poluentes mais o gás carreador no sistema. O gás carreador é em geral ou um fluido com propriedades próximas da do ar.
2. Dutos – tem a função de transportar o fluido carreador dos poluentes. Podem ser divididos em tramos ou ramais, duto principal e chaminé.
3. Equipamento de Controle de Poluição do Ar (ECP) – O equipamento de controle de poluição do ar é destinado à limpeza do ar exaurido antes do seu lançamento na atmosfera, incluindo tudo o que é necessário para o seu funcionamento, como por exemplo, trocadores de calor e pré-coletores. O tipo e eficiência destes equipamentos dependerão de um conjunto de fatores, tais como: tipo de poluentes (gases, vapores ou partículas), toxicidade dos poluentes, tamanho das partículas, normas locais de controle de poluição e localização da indústria.
4. Conjunto ventilador-motor – o conjunto motor-ventilador fornece a energia necessária para movimentar o fluido e vencer todas as perdas de cargas do sistema.
5. Chaminé – a chaminé é a parte integrante do sistema de transporte do gás carreador dos poluentes e é a parte final do sistema cuja finalidade é o lançamento do gás carreador mais a emissão residual na atmosfera.

Os autores (Mesquita, 1943) e (Macintyre, 2005) não citam a chaminé como um componente a parte, consideram como parte do sistema de dutos. Uma outra mudança sugerida por Macintyre, 2005, foi o posicionamento do ventilador, que passou a posição após os equipamentos de controle da poluição com o objetivo de preservá-lo do desgaste e corrosão.

A Fig. 4 descreve esses componentes do sistema de ventilação exaustora local:



Fonte:(USP, 2018, p.80).

2.5.2.1 Captadores

Segundo Macintyre (2005), o captor é uma peça ou dispositivo no qual, pela diferença de pressões entre o ar ambiente e o existente no captor, estabelece-se uma corrente para o interior dele. A corrente gasosa prossegue pelos dutos até o ventilador. Portanto, para que haja velocidade de escoamento, é necessário que no interior do captor exista uma certa rarefação, isto é, vácuo parcial ou depressão.

Para Macintyre, 2005, é preciso levar em consideração duas velocidades:

- a) A velocidade de escoamento ao longo dos dutos;
- b) A velocidade segundo a qual o ar com as partículas, os vapores ou os gases se desloca do local onde estes contaminantes estão sendo produzidos até a entrada do captor. É necessário induzir a formação de uma corrente de ar no sentido desde o local de formação do poluente até a boca do captor, de modo que o contaminante siga a corrente, não se espalhe pelo recinto e não afete o próprio operador junto ao equipamento gerador do contaminante. Deve-se ter cuidado para que outras correntes de ar que se formem no recinto não prejudiquem o fluxo do contaminante até o captor.

A velocidade de captura é a velocidade V que deve ter a partícula contaminante localizada a uma distância x a fim de que, não obstante seu peso, possa deslocar-se até o captor. Corresponde à velocidade do ar, no ponto em que se acha a partícula, capaz de imprimir à mesma o desejado escoamento.

Tabela 1 – Fornece os valores das velocidades de captura V conforme recomendado no ACGIH Industrial Ventilation Guide, 1972.

Condição de formação do contaminante		Exemplos	Velocidade de captura m/min
Libertado	sem	Evaporação em taque,	15 a 30
velocidade inicial, em ar parado		desengraxamento, eletrodeposição	
Libertado	com	Cabines de pintura à pistola,	30 a 60
velocidade baixa em ar em relativo repouso		soldagem	
Produção ativa em zona onde o ar se acha em movimento		Cabines de pintura, peneiras	60 a 150
Libertado	com	Esmerilhamento, limpeza e jato de areia	150 a 60
velocidade inicial elevada em zona de intenso movimento de ar			
Máquina	de	Na face da cabine	15-30
empacotamento		Com fluxo descendente	22-45
		Aberturas no envoltório	30-120
Pintura a pistola		Na face da cabine. Depende do tamanho e da profundidade, do tipo de trabalho etc.	30-60

Fonte: (Macintyre, 2005, p.202).

2.5.2.2 Dutos

Segundo a Universidade de São Paulo, 2019, dutos é a tubulação destinada ao transporte de contaminantes no Sistema de Ventilação Local Exaustora (SVLE). Os dutos se distribuem da seguinte forma:

- I. Duto Principal – É a linha mestra dos dutos;
- II. Duto Secundário – É uma seção secundária do duto principal, que conecta mais ou outros dutos secundários ao duto principal;
- III. Ramal – É um duto conectado ao captor de exaustão;

- IV. Chaminé – É a parte da rede de dutos que é localizada após o ventilador e é responsável pela descarga do ar de exaustão.

Para Macintyre, 2005, o sistema de dutos para ventilação é estudado sob dois aspectos:

- 1) O do escoamento do ar no interior dos dutos, desde sua captação até a sua expulsão. É o aspecto que interessa diretamente ao dimensionamento e ao projeto da rede de dutos e seus acessórios;
- 2) O dos materiais constitutivos dos dutos, das peças e equipamentos complementares ao sistema de dutos.

2.5.2.2.1 Dimensionamento dos dutos para insuflamento e aspiração

O dimensionamento dos dutos, qualquer que seja o método adotado, baseia-se na Equação de Continuidade e no Princípio de Conservação da Energia para os Flúidos em escoamento, traduzida pela equação de Bernoulli. Sendo: (Macintyre, 2005):

$$Q = S \cdot V \quad (1)$$

Q = vazão

S = área transversal da seção de escoamento

V = velocidade média de escoamento do ar

No sistema de ventilação local exaustora, dimensionar o sistema de dutos significa determinar a área da secção transversal do duto S, pela qual passa a vazão Q requerida, a uma dada velocidade V desejável.

2.5.2.2.2 Material dos dutos

O fluido conduzido no duto é um dos fatores decisivos na escolha do material com o qual este deve ser construído. Vapores e gases agressivos, grande quantidade de particulados e materiais abrasivos podem impedir o uso de determinados materiais e, em certos casos, definir o tipo de material do duto. (Macintyre, 2005).

Os tipos mais comuns são os de:

- 1) PVC – cloreto de polivinil. Não deve ser usado para gases e vapores acima de 50 °C.
- 2) PP – Polipropileno. Resiste a temperaturas de até 100 °C.
- 3) PTFE – Politetrafluoreto de etileno.
- 4) Polyarm – Resina termoe estável poliéster, fibra de vidro e areia silicosa.
- 5) PRFV – Plástico reforçado com fibra de vidro.

2.5.3 Equipamentos de Controle de Poluição do Ar

Para Universidade de São Paulo, 2019, 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.

2.5.3.1 Eficiência de controle e penetração

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). (Universidade de São Paulo, 2019).

Matematicamente a eficiência de controle pode ser expressa por:

$$\eta = \frac{X_i - X_f}{X_i} \times 100$$

Sendo:

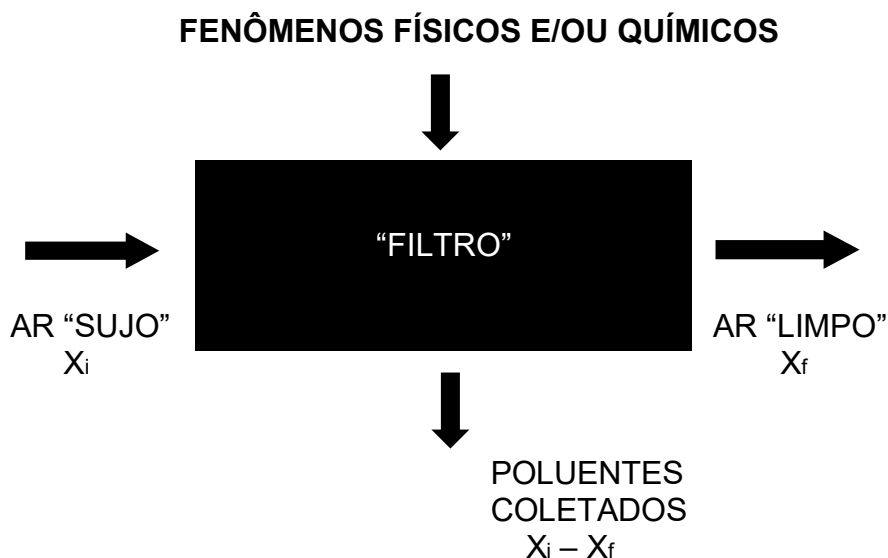
η = eficiência de controle (%);

X_i = quantidade de poluentes existentes na entrada de ECP;

X_f = quantidade de poluentes existentes no fluxo gasoso após o ECP;

$X_i - X_f$ = quantidade de poluentes coletados pelo ECP.

Fig.5 - Eficiência de controle de um filtro



Fonte: (USP eHO-111, p.113)

2.5.3.2 Equipamentos para coleta de material

Segundo Macintyre (2005, p.270) os vapores, gases e poeiras contidos no ar captados com os dispositivos estudados devem ser removidos do mesmo, a fim de que ele possa ser liberado na atmosfera ambiente ou exterior devidamente purificado, sem que ofereça, portanto, riscos à saúde das pessoas e danos ecológicos.

Os equipamentos empregados com esta finalidade podem dividir-se nos seguintes grupos:

a) Filtros de ar, cuja finalidade é a remoção de poeiras no grau de concentração em que possam encontrar-se no ar ambiente exterior ou interior e na recirculação de ar do recinto. São empregados, normalmente, na tomada de ar exterior, nas instalações de ventilação e ar condicionado. São muito usados, também na retenção de poeiras produzidas em ambientes fechados e instalados, às vezes, próximo ao local de captura ou em locais onde o ar contendo poeiras é conduzido ao longo dos dutos.

b) Coletores de poeiras, destinados a remover cargas consideráveis de poeiras oriundas de processos e captados nos locais onde são produzidas. A amplitude do grau de concentração de poeiras é muito grande, bastando mencionar que pode variar de 100 até 20.000 vezes o teor de concentração para o qual os filtros de ar referidos no item a são destinados a operar. Existem coletores inerciais, centrífugos, lavadores, depuradores e precipitadores eletrostáticos.

c) Lavadores de gases, torres de absorção, condensadores, depuradores, precipitadores hidrodinâmicos, incineradores. Visam à remoção de gases e vapores do ar antes da liberação deles. Quando se tratar de dissolução de gases ou vapores na água, pode vir a ser necessário um tratamento químico complementar acompanhado de filtração, decantação ou destilação, para que a água possa ser purificada e reutilizada e reciclados certos produtos industriais.

Na escolha do tipo de equipamento, devem-se levar em consideração alguns pontos importantes conforme resume Macintyre, (2005, p.270):

- a. Concentração e tamanho das partículas do contaminante. Os contaminantes em sistemas de exaustão abrangem uma faixa muito extensa de concentrações e dimensões de partículas.
- b. Grau de purificação exigida. Para muitos tipos de agentes poluidores, existem recomendações e regulamentos que fixam os teores de concentração e grau de purificação, dependentes naturalmente da natureza e propriedades do contaminante e do risco de dano que ele possa oferecer à saúde e à ecologia.
- c. Características do ar ou gás transportadores do poluente. Exercem um papel importante na seleção do tipo de purificador a adotar. Correntes gasosas ou de vapores acima de 80 °C impedem o emprego de coletores de tecido de algodão. A ocorrência de vapor ou a condensação de vapor d'água podem empastar ou obliterar a passagem do ar das partículas em coletores de pano ou de tipo centrífugo. Afetam a resistibilidade elétrica das partículas e, portanto, sua precipitação eletrostática. A composição química da mistura gasosa poderá ser fator determinante da corrosão de coletores metálicos de tipo seco, e o produto químico pode tornar-se

extremamente agressivo quando misturado com a água eventualmente condensada em coletores de tipo seco.

Conforme no item 2.2 na composição das tintas temos pigmentos e aditivos que geram a parte sólida durante o lixamento e fase de acabamento da pintura. A composição dessa poeira do lixamento são os pigmentos, silicatos e talco que tem como fonte o lixamento da massa de poliéster, massa plástica e prime/tinta PU.

Em um processo de pintura automotiva estudado por Brosseau, foi observado que as partículas de névoas líquidas geradas na aplicação da tinta têm tamanho aerodinâmico com média geométrica entre 20 e 40 μm (desvio padrão geométrico entre 2 e 3). A aplicação de verniz gera partículas ainda maiores, com média geométrica acima de 50 μm , e com maior dispersão de tamanho (desvio padrão geométrico > 3). (Macintyre, 2005).

O tamanho aerodinâmico médio das partículas para esmaltes foi descrito como sendo de 5,7 a 6,4 μm , respectivamente, e com desvio padrão de 3,4.

Geralmente durante o trabalho de pintura dos veículos dentro da cabine a quantidade de trabalhadores que executam a tarefa não passam de dois. A produção de monóxido de carbono por esses trabalhadores é baixa durante a respiração, pois o trabalho é moderado em ritmo devagar, pois o objetivo é fazer o melhor acabamento do serviço para demonstrar a qualidade do trabalho do profissional. (Macintyre, 2005).

A escolha dos filtros para separação e coleta dos contaminantes gasosos e particulados geram vapores durante a aplicação da tinta e da massa sobre os veículos. Este fenômeno das operações físicas para conseguir a separação e coleta destes poluentes dá-se o nome de:

- Adsorção, que vem a ser a capacidade que certas substâncias de porosidade possuem de reter determinados poluentes pela ação de forças de atração moleculares superficiais. As mais empregadas dentre estas substâncias, denominadas adsorvedores, são o carvão ativado, alumina ativada e a sílica gel.

Os filtros são meios porosos capazes de deter e coletar partículas e névoas contidas no ar que os atravessa. Em geral, os filtros para ventilação são constituídos

por material fibroso disposto sob a forma de tecido ou compactado, formando placas ou painéis (Macintyre, 2005, p. 285).

Os filtros atuam em virtude das seguintes interações com as partículas: interceptação direta, impactação inercial e movimento browniano. Além disso a ação da gravidade provoca a deposição das partículas.

Atualmente inúmeras são as classificações dos filtros baseadas no tipo de material filtrante, em sua forma de arranjo, no tipo de mecanismo de limpeza etc. Temos os seguintes tipos de filtros usados em cabine de pintura no mercado (consulta em 30/08/2019, cabfil.com.br):

- Filtro cartonado:

Recomendado para pós-filtragem aumentando a eficiência da cabine de pintura.

De fácil substituição e baixo custo operacional.

Elemento Filtrante: Manta em fibra de vidro PA-60.

Classificação de filtragem: G2-G3.

- Filtro cartonado Carvão ativado:

Recomendados para Pós-Filtragem com retenção de odores e particulados.

De fácil substituição e baixo custo operacional.

Elemento Filtrante: Manta 100% poliéster impregnada com carvão ativado.

Classificação de filtragem: F1.

- Filtro Poliéster com tela moeda:

Recomendados para Pré-filtragem com retenção de particulados secos.

De fácil substituição e baixo custo operacional.

Elemento Filtrante: Manta 100% poliéster com tela de reforço.

Classificação de filtragem: G2.

- Filtro cartonado Poliéster:

Recomendados para Pré-filtragem com retenção de particulados secos.

De fácil substituição e baixo custo operacional.

Elemento Filtrante: Manta 100% poliéster.

Classificação de filtragem: G2.

- Filtro cartonado Plissado:

Recomendados para Pré-Filtragem com maior área de retenção e absorção de particulados.

De fácil substituição e baixo custo operacional.

Elemento Filtrante: Manta 100% poliéster.

Classificação de filtragem: F1.

A tabela 2 - são apresentados alguns dados sobre os vários tipos de filtros e a classificação de filtragem de ar, usando as designações da ABNT (NB-10).

CLASSE DE Filtro²	Eficiência obs. 3, 4, 5%	Eficiência para separação das seguintes partículas
GO	30-59	Alta eficiência para separação de insetos, eficiência bastante satisfatória para pólen de plantas e poeira grossa de origem industrial. Quase ineficiente contra poeira atmosférica.
G1	60-74	Eficiência satisfatória contra pólen de plantas e poeira grossa de origem atmosférica.
G2	75-84	Boa eficiência contra pólen de plantas e poeira grossa de origem industrial. Eficiência satisfatória contra a fração grossa (> 5 micras) da poeira atmosférica.
	85 e acima	Boa eficiência contra a fração grossa (> 5 micras) da poeira atmosférica.
F1	40-69	Eficiência satisfatória contra a fração fina (1-5 micras) da poeira atmosférica. Pouca eficiência contra fumaças de óleo e tabaco.
F2	70-89	Boa eficiência contra a fração fina (1-5 micras) da poeira atmosférica. Alguma eficiência contra fumaças de óleo e tabaco.
F3	90 e acima	Alta eficiência contra a fração fina (1-5 micras) da poeira atmosférica, eficiência satisfatória contra fumaças de óleo e tabaco. Razoavelmente eficiente contra bactérias e fungos microscópicos.
A1	85-97,96	Boa eficiência contra a fração ultrafina (< 1 micra) da poeira atmosférica, fumaças de óleo e tabaco, bactérias e fungos microscópicos.
A2	98-99,96	Alta eficiência contra a fração ultrafina (< 1 micra) da poeira atmosférica, fumaças de óleo e tabaco, bactérias e fungos microscópicos.
A3	99,97 e acima	Eficiência excelente contra a fração ultrafina (< 1 micra) da poeira atmosférica, fumaças de óleo e tabaco, bactérias, fungos microscópicos e vírus.

Fonte: (Macintyre,2005, parte tab. p.290).

² Os filtros são divididos em três classes: grossos (prefixo g), finos (prefixo F) e absolutos (prefixo A):

- 1) Para filtros grossos (GO-G3): teste gravimétrico conforme AFI do American Filter Institute ou ASHRAE 52-68;
- 2) Para filtros finos (F1-F3): teste colorimétrico conforme AFI Dust Spot do American Filter Institute ou ASHRAE 52-68;
- 3) Para filtros absolutos (A1-A3): teste fotométrico “DOP Test” conforme U.S. Military Standart MS 282.

Segundo Macintyre, (2005), os filtros de pano usam na sua fabricação materiais tradicionalmente conhecidos como o algodão e a lã, mas estes materiais só podem ser usados até a temperaturas de 82 a 90 °C, respectivamente, e para ar seco.

Para temperaturas mais elevadas e poluentes agressivos a esses materiais, é necessário recorrer a tecidos com fios de certos materiais, como o náilon, o nomex, o dacron, poliéster, polipropileno, fios metálicos, fibra de vidro e outros, dependendo da escolha, da temperatura e do caráter ácido ou alcalino da mistura do ar com partículas ou névoas. Os filtros de tecidos, podem apresentar-se sob a forma de sacos, de mangas, de painéis lisos e de painéis ondulados.

A tabela 3 - mostra algumas propriedades de certos tecidos utilizados na fabricação de filtros industriais.

TECIDO	TEMPERATURA DE FUSÃO	MÁXIMA TEMPERATURA DE OPERAÇÃO	RESISTÊNCIA À ÁCIDOS	RESISTÊNCIA À ALCALINOS	RESISTÊNCIA À ABRASÃO
ALGODÃO	DECOMPÕE-SE A 150 °C	82 °C	PEQUENA	REGULAR	BOA
LÃ	QUEIMA A 300 °C	93 °C	MUITO BOA	PEQUENA	RAZOÁVEL A BOA
FIBRA DE VIDRO	800 °C	288 °C	RAZOÁVEL A BOA	RAZOÁVEL A BOA	RAZOÁVEL
ORLON	AMOLECE A 250 °C	127 °C	BOA A EXCELENTE EM ÁCIDOS MINERAIS	RAZOÁVEL A BOA EM ÁLCALIS FRACOS	BOA
NÁILON 6,6 HT-1	249 °C QUEIMA A 371 °C	93 °C 204 °C	RAZOÁVEL MELHOR QUE O NÁILON, NÃO TÃO BOA QUANTO O DACRON E O ORLON	EXCELENTE PIOR QUE O NÁILON, MELHOR QUE O DACRON E O ORLON	EXCELENTE BOA
DACRON	252 °C	135 °C	BOA PARA MAIORIA DOS ÁCIDOS MINERAIS. DISSOLVE-SE EM ÁCIDOS SULFÚRICO	BOA EM ÁLCALIS FRACOS. RAZOÁVEL EM ÁLCALIS FORTES	MUITO BOA

Continua

A tabela 3 - mostra algumas propriedades de certos tecidos utilizados na fabricação de filtros industriais.

TECIDO	TEMPERATURA DE FUSÃO	MÁXIMA TEMPERATURA DE OPERAÇÃO	RESISTÊNCIA À ÁCIDOS	RESISTÊNCIA À ALCALINOS	RESISTÊNCIA À ABRASÃO
POLIPROPILENO	167 °C	93 °C	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE
TERLON	DECOMPÕE-SE A 400 °C	EMITE GASES TÓXICOS A 232 °C	INERTE, COM EXCEÇÃO DO FLÚOR	INERTE, COM EXCEÇÃO DO CLORO, TRIFLUORETO E METAIS ALCALINOS	RAZOÁVEL
POLIÉSTER	-	110 °C	MUITO BOA	BOA	MUITO BOA

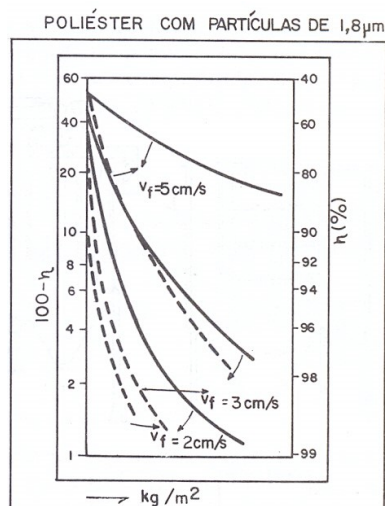
Fonte: (Macintyre, 2005, p.292).

Conclusão

Para Macintyre, (2005), o rendimento de filtros de tecidos, em geral, supera 93%, chegando, em alguns casos, a 99,9%.

Para Mesquita (1943, p.370) descreve os filtros de tecido como sendo os de mais ampla aplicação no campo de controle da poluição do ar. Os filtros de tecido que ainda não tenham sido utilizados, a eficiência é baixa (da ordem de 60%) e, tão logo o material particulado começa a se depositar, a eficiência sobe para valores da ordem de 90% ou mais. Assim sendo, observa-se que a real coleta é exercida pela camada de partículas já depositadas suportadas pelas fibras do tecido. As eficiências de coleta em filtros de tecidos podem ser observadas em função da quantidade de poeira depositada, velocidade e tamanho de filtros de tecido.

O Gráfico 1 - Pode-se observar que a velocidade de filtragem é um parâmetro básico com relação à eficiência de coleta.



Fonte: (Mesquita, 1943, p.372).

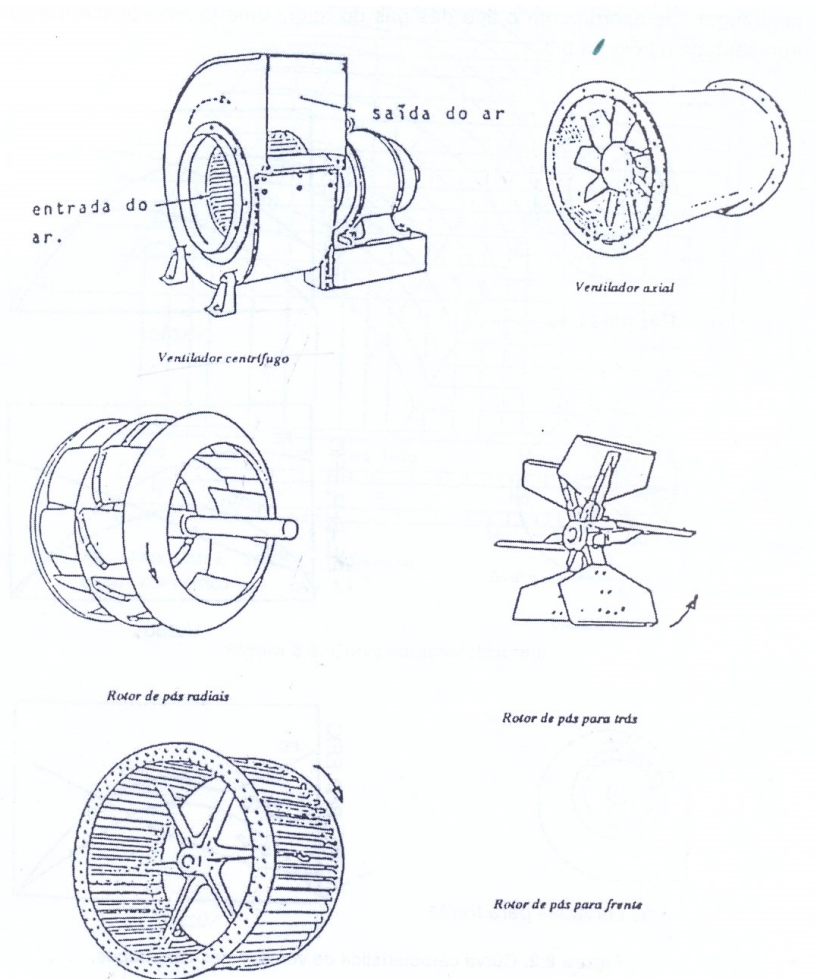
2.5.4 Conjunto Ventilador

Para Macintyre, (2005), as instalações de ventilação por insuflamento e/ou por exaustão de ar necessitam do ventilador como veículo para criar o gradiente energético que permite o desejado escoamento do ar.

Mesquita, (1943), p.278, define que a função básica de um ventilador é, pois, mover uma dada quantidade de ar por um sistema de ventilação a ele conectado. Assim, o ventilador deve gerar uma pressão estática suficiente para vencer as perdas do sistema e uma pressão cinética para manter o ar em movimento. Quando em repouso, o ventilador centrífugo comporta-se como um vaso volumétrico contendo um dado volume de ar. Ao entrar em movimento, o ar nele contido é centrifugado, recebendo um incremento de energia, sendo o vazio criado no ventilador preenchido com novo ar, pela ação da pressão atmosférica, a uma velocidade suficiente para repor a quantidade que foi descarregada. Quando em movimento a uma dada rotação constante, o volume específico do ventilador é induzido e descarregado continuamente, sendo evidente que o volume total depende apenas da rotação do ventilador. Uma vez que a energia cinética é função da velocidade ao quadrado, a pressão gerada pelo ventilador varia com o quadrado da rotação. Sendo a potência função de ambos, vazão e pressão, ela varia com o cubo da rotação.

2.5.1.4 Principais tipos – vantagens e desvantagens

Fig. 6 - Os tipos principais de ventiladores axiais e centrífugos



Fonte: (USP eHO-111, 2019, p.129).

2.5.4.1.1 Ventilador Centrífugo Radial

São ventiladores robustos, para trabalho pesado e destinados a movimentar fluído com grande carga de poeira, poeiras pegajosas e corrosivas. Apresentam eficiência baixa, da ordem de 60% e nível de ruído mais alto. É o tipo mais simples em termos construtivos, possuem alta resistência mecânica e são mais fáceis de serem reparados em caso de avarias. (Mesquita, 1943).

2.5.4.1.2 Ventilador Centrífugo de Pás para Trás

São ventiladores de alta eficiência chegando a atingir eficiências maiores que 80% em seu funcionamento, tem nível de ruído mais baixo. Uma característica importante 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. Possuem dois tipos de pás: as aerodinâmicas e as planas. As primeiras são de grande rendimento pois permitem uma corrente mais uniforme. São empregados nos casos de grandes vazões e pressões médias sendo que a economia de potência chega a compensar o maior custo de aquisição. Já os de pás planas podem ser utilizados para transportar o ar sujo já que apresentam a característica de serem auto-limpante, no entanto apresentam eficiência menor que os de pás aerodinâmicas. Chegam a atingir eficiência da ordem de 80%. (Mesquita, 1943).

2.5.4.1.3 Ventilador Centrífugo de Pás para Frente

Esses ventiladores requerem menor espaço para sua instalação, apresentam baixa velocidade periférica e são silenciosos. Eles são usados para pressões baixas e moderadas. Devido à forma os rotores de pás para frente não são recomendados para movimentar fluídos com poeiras e fumos que possam aderir às mesmas e causar desbalanceamento do rotor e consequente vibração. A sua curva característica apresenta zona de instabilidade na qual o ventilador não deve trabalhar. Além disso, não apresenta auto limitação de potência podendo sobrecarregar o motor. A eficiência desses ventiladores é menor que os de pás para trás. São recomendados para sistemas de ventilação geral e de ar condicionado onde a carga de poeiras e outras partículas são muito baixas. (Mesquita, 1943).

2.5.4.1.4 Ventilador Axial Propulsor

É o tipo mais barato para mover grandes volumes de ar a baixas pressões. É frequentemente utilizado para circulação de ar ambiente, e raramente para ventilação exaustora. (Mesquita, 1943).

2.5.4.1.5 Ventilador Axial com Aerofólio

Este ventilador possui uma ampla calota central, que possibilita sua utilização a pressões mais elevadas. É frequentemente usado em ventilação de minas subterrâneas e, em algumas ocasiões em indústrias. Nesse tipo de ventilador,

a forma das pás é muito importante, e eles não devem ser usados onde haja risco de erosão e corrosão. (Mesquita, 1943).

Cada tipo de ventilador apresenta características próprias de variação de pressão, potência e eficiência em função da vazão que são apresentadas através de curvas características ou tabelas características, as quais são importantes para estabelecer a região ótima de trabalho bem como para se saber o comportamento do ventilador quando um parâmetro é alterado como, por exemplo, a resistência do sistema. Aumento de resistência (perda de carga) significa que a vazão a qual pode ser obtida na curva ou tabela característica do ventilador. Todo ventilador, portanto, deveria vir acompanhado de sua curva ou tabela característica. (Mesquita, 1943).

2.5.4.2 Classificação dos Ventiladores quanto a pressão

- 1) Baixa pressão: até uma pressão efetiva de $0,02 \text{ kgf.cm}^{-2}$ (200 mmH₂O);
- 2) Média pressão: para pressões de $0,02$ a $0,08 \text{ kgf. cm}^{-2}$ (200 a 800 mmH₂O);
- 3) Alta pressão: para pressões de $0,08$ a $0,250 \text{ kgf. cm}^{-2}$ (800 a 2500 mmH₂O);
- 4) Muito Alta pressão: para pressões de $0,250$ a $1,00 \text{ kgf. cm}^{-2}$ (2500 a 10.000 mmH₂O). São os turbocompressores.

2.5.4.2.1 Como calcular a Pressão e Potência do Ventilador

Segundo a Universidade de São Paulo, 2019, a potência requerida pelo ventilador (NRV) é estimada pela seguinte fórmula:

$$NRV = \frac{Q \text{ (m}^3\text{/s). Pt}_{(v)} \text{ (mmCA)}}{75.E_v} \quad (\text{CV}) \quad (2)$$

$$NRV = \frac{Q \text{ (cfm). Pt}_{(v)} \text{ (pol/CA)}}{6356.E_v} \quad (\text{HP}) \quad (3)$$

Sendo:

Q_v = a vazão volumétrica;

$P_{t(v)}$ = a pressão total do ventilador;

E_v = a eficiência mecânica total do ventilador.

Deve-se lembrar que a pressão total é a soma algébrica das pressões estática e cinética:

$$P_t = P_e + P_c \quad (4)$$

Então conclui-se que a pressão estática do ventilador $P_e(v)$ é, por definição, a pressão total do ventilador $P_t(v)$ reduzida da pressão cinética na saída do ventilador $P_c(sv)$. Matematicamente tem-se:

$$P_e(v) = P_t(v) - P_c(sv)$$

A pressão total do ventilador ($P_{t(v)}$) representa a diferença entre a pressão total na saída do ventilador $P_t(sv)$ e a pressão total na entrada do ventilador $P_t(E_v)$, ou seja:

$$P_t(v) = P_t(sv) - P_t(E_v)$$

A potência real deve ser obtida nas tabelas ou curvas características do ventilador escolhido, a qual é válida para as condições especificadas na curva ou tabela. Para condições de pressão e temperatura diferente daquela deve-se fazer a devida correção pela relação de densidade da condição real e da condição da curva ou tabela característica. (adequado USP -eHO-111, 2019).

2.5.4.3 Efeito da Variação da Densidade do Fluido

Para Mesquita, (1943), os casos mais usuais de variação de densidade ocorrem por variações da temperatura do fluido, ou por variação da pressão barométrica (altitudes diferentes), sendo menos usual a variação da densidade por outras causas. Já foi visto nas leis dos ventiladores que um aumento da densidade do fluido não altera a vazão volumétrica e a potência.

Então quando as condições reais do fluido no ventilador, ou seja, a densidade do fluido, for diferente das condições estabelecidas para a curva ou tabela característica deve-se proceder da seguinte forma (USP-eHO111, p.134):

- a) Considerar a vazão de entrada na tabela ou curva característica igual à vazão real a ser movimentada pelo ventilador;
- b) Utilizar a pressão equivalente do ventilador, para as condições da curva ou tabela característica determinada da seguinte forma:

$$P_e (\text{equiv}) = P_e (\text{real}) \times 1 / F_d \quad (5)$$

$$P_t (\text{equiv}) = P_t (\text{real}) \times 1 / F_d \quad (6)$$

Sendo $F_d = \rho_{\text{real}} / \rho_{\text{curva}}$ (Fator de Densidade)

- c) Determinar o ponto de operação na curva característica utilizando a vazão real e pressão equivalente, conhecendo-se então a eficiência mecânica do ventilador e a rotação que serão válidas também para as condições reais.

- d) A potência equivalente (N_{equiv}) servirá para dimensionar o motor para partida a frio e será igual a:

$$N_{\text{equiv}} = N_{v(\text{real})} \times 1 / F_d \quad (7)$$

2.5.4.4 Escolha do Ventilador

Deve ser utilizado o ventilador que proporcione a vazão necessária com a menor potência possível, que seja adequado para as características do gás e poluente a ser transportado (temperatura, corrosividade, abrasividade, adesividade, etc.) e com curvas características (Q versus P) com maior curvatura, de forma que haja pequena variação de vazão para uma dada variação de pressão. (USP-eHO111, 2019, p.139).

Então as seguintes informações são necessárias para uma adequada escolha:

- Vazão requerida (m^3/min);
- Pressão estática do ventilador;
- Características do fluido a ser exaurido pelo ventilador, isto é, grau de poeira;
- Limitação de espaço;
- Nível de ruído;
- Eficiência desejada.

Quantitativamente são várias as formas de se escolher um ventilador. A forma mais usual é através de tabelas fornecidas pelo fabricante.

Essas tabelas de escolha são construídas para gases em condições padrão (21 °C e 1 atm). Em aplicações onde os gases não estejam nessas condições, as devidas correções devem ser feitas. Sabendo-se que a vazão, volumétrica não varia com a densidade, mas que a pressão e a potência variam linearmente com ela, a escolha deve ser feita pela vazão real e, pela pressão calculada com o sistema exaurindo ar em condições padrão. A rotação obtida é real de trabalho, e a potência deve ser corrigida multiplicando pela relação de densidades (adequada, USP eHO111, 2019).

2.5.4.5 Localização do Ventilador

Um ventilador deve estar localizado após o equipamento de controle de poluição do ar para evitar o seu desgaste e problemas de corrosão. À localização deve permitir a fácil inspeção e manutenção do equipamento. (USP-eHO111, 2019, p.142).

2.5.4.6 Instalação do Ventilador

Segundo a apostila da USP eHO111, 2019 a instalação do ventilador é um fator importante para que o ventilador funcione sem vibrações, tenha vida útil dentro dos padrões aceitáveis e não ofereça perigo às pessoas que trabalham nas suas proximidades. Lembre-se que o ventilador é uma máquina rotativa com partes que se movimentam a altas velocidades e, portanto, deve oferecer segurança durante sua operação. Os limites de temperatura e rotação devem ser observados.

Não consulte apenas as recomendações do fabricante, mas cumpra também as normas de segurança industrial. Só use ventiladores industriais que tenham sido previamente balanceados.

A instalação do ventilador deve ser feita por pessoas especializadas, de preferência pelo fabricante, ou sob sua supervisão ou orientação. A instalação deve ser precedida do transporte, recepção, inspeções, manuseio e armazenagem adequados.

Para uma operação livre de problemas, utilize uma fundação.

2.5.4.7 Interligação do Ventilador ao Sistema

A interligação do sistema deve seguir rigorosamente o projeto. Lembre-se que a performance do ventilador poderá ser seriamente afetada por condições inadequadas de entrada e saída do ventilador pela adição de resistência ao sistema (perda de carga). Deve evitar cotovelos e outras obstruções na entrada e saída do ventilador, pois, nesse caso, a vazão pode ser consideravelmente reduzida. (USP-eHO111, 2019, p.142).

2.5.5 Motor

De acordo com a Universidade de São Paulo, 2019, o motor é um ponto fundamental no sistema, pois o não provimento da energia de movimentação necessário significará alteração na condição de funcionamento do ventilador e, portanto, na vazão por ele movimentada.

A potência do motor deve ser suficiente para fornecer a energia requerida pelo ventilador e pelo sistema, em todas as condições em que este trabalhará. A potência requerida do motor (N_{rm}) será a potência requerida do ventilador acrescida das perdas por transmissão, ou seja:

$$N_{rm} = N_{rv} / E_t \quad (8)$$

Onde:

N_{rv} = a potência requerida do ventilador;

E_t = a eficiência de transmissão moto-ventilador.

Devem também ser levadas em consideração na escolha do motor a inércia do rotor do ventilador (conhecida com WR pelos fabricantes) e as características de torques de partida do motor elétrico. Um tempo excessivo na partida para atingir a condição normal de trabalho do ventilador elevará a temperatura do motor podendo danificá-lo (USP eHO111, 2019, p.143).

2.5.6 Chaminé

A chaminé é parte integrante do sistema de transporte dos poluentes que tem como finalidade o lançamento do gás transportado, que contém a emissão

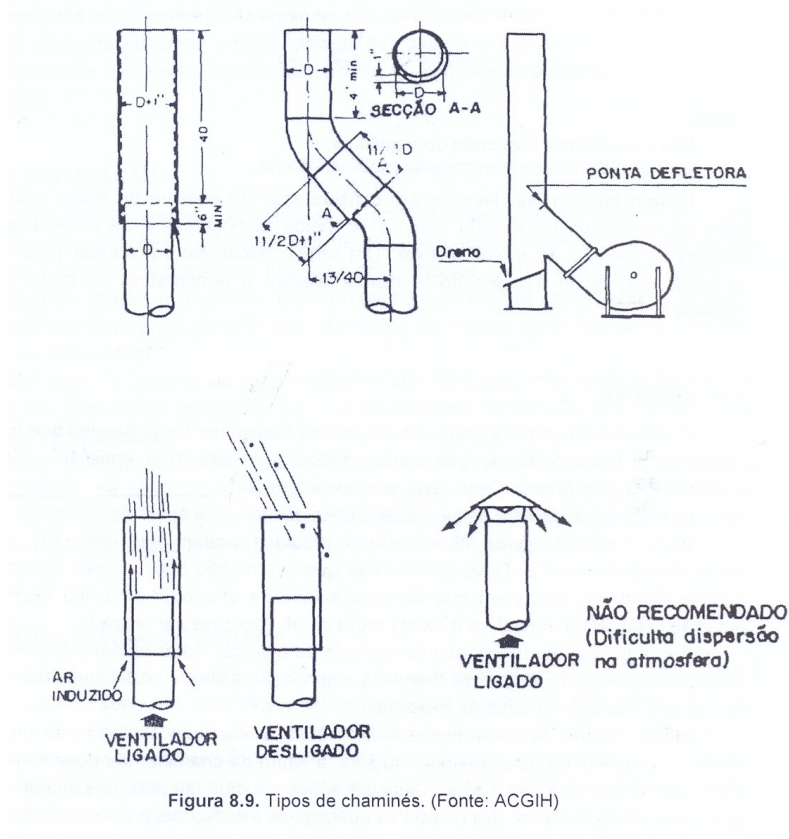
residual, na atmosfera. O projeto deve levar em consideração a proteção do ventilador contra água da chuva quando este estiver localizado imediatamente antes da chaminé. (Universidade de São Paulo, 2019).

Para proteção contra chuva vários métodos podem ser utilizados conforme mostrado na Fig.7. 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, não deve ser utilizada.

A prática de engenharia recomenda que a altura mínima de 2,5 (duas e meio) vezes a altura da cumeeira do prédio que contém a chaminé ou dela contínuo, ou seja, a altura da chaminé não deve ser inferior a $(H + 1,5 L)$ onde H é a maior altura das edificações e estruturas próximas a chaminés:

- Velocidade de saída do fluxo gasoso de 1,5 vezes a velocidade do vento. Em geral, uma velocidade de saída dos gases na faixa de 18 a 21 m/s atende ao requisito acima, em grande parte do tempo;
- A saída dos gases deverá ser na vertical, não se recomendando a utilização de cotovelos ou chapéu chinês (USP eHO111, 2019, p.143).

Fig.7 - Tipos de chaminé



Fonte: (ACGIH).

2.6 AVALIAÇÃO AMBIENTAL DOS RISCOS NA CABINE DE PINTURA

Os agentes tóxicos, especificamente designados em saúde ocupacional como agentes químicos de doenças profissionais, podem ocorrer nos estados sólido, líquido ou gasoso. No estado sólido ou líquido, podem apresentar-se finamente divididos e suspensos no ar como material particulado (Mesquita, 1985).

As partículas sólidas e líquidas suspensas no ar dentro da cabine de pintura estão classificadas de acordo com a sua formação em poeiras e névoas.

No estado gasoso é produzido no interior da cabine por vapores que durante o processo de catálise/secagem da massa ou tinta pode chegar nas vias respiratórias do profissional. A aplicação do produto no veículo provoca uma reação química durante a secagem do produto onde são expelidos vapores tóxicos desta reação.

As poeiras são partículas sólidas, em geral com diâmetros maiores que 1 μm , resultantes da desintegração mecânica de substâncias orgânicas ou inorgânicas, seja pelo simples manuseio, seja em consequência de operações de trituração, moagem, peneiramento, branqueamento, polimento, detonação etc. Neste caso, vamos considerar o lixamento (lixa fina) que ocorre dentro da cabine no uso da massa plástica, as poeiras resultantes desse processo. (Mesquita, 1985).

As névoas são partículas líquidas (gotículas), comumente com diâmetros entre 0,1 e 100 μm , resultantes da condensação de vapores sobre certos núcleos, ou da dispersão mecânica de líquidos, consequente das operações de nebulização, borbulhamento, respingo etc. (Mesquita, 1985). Como exemplo temos o uso da pistola de tinta pulverizada no processo de aplicação de tinta no veículo.

Para Mesquita, 1985, a classificação fisiológica dos agentes tóxicos sistêmicos sobre o profissional que trabalha dentro da cabine de pintura, são a seguinte:

- a. Materiais que causam danos a um ou mais órgãos viscerais: a maioria dos hidrocarbonetos halogenados.

- b. Materiais que causam danos ao sistema hematopoiético: benzeno, fenóis num certo grau, tolueno, xilol e naftaleno.

O material particulado que não seja tóxico sistêmico são as poeiras que causam reações alérgicas tais como: resinas e muitas outras poeiras orgânicas. Elas também são irritantes para o trato respiratório superior.

A tinta utilizada na empresa X de transporte é à base de solventes orgânicos, que são prejudiciais ao trabalhador e ao meio ambiente. Também é utilizada pistola de tinta ligada ao ar comprimido que ajudam a dispersar uma névoa com partículas líquidas em suspensão e que são lançadas no interior da cabine.

As substâncias que apresentam um rápido metabolismo no organismo humano destacam-se os solventes de ampla utilização na composição das tintas, tais como tolueno, xilenos e o estireno (USP eHO9, 2019).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para assegurar a imparcialidade e possibilitar que a análise seja completa, o nome da empresa não será mencionado e será sempre tratada como empresa de transporte rodoviário X.

3.1 MATERIAIS

Será apresentado um exemplo prático de adequação de uma cabine de pintura, utilizada numa empresa de transporte rodoviário, para atender as normas de ventilação industrial e os limites definidos pela NR-15 nos itens poeira e névoa.

Problema proposto: A cabine de pintura é utilizada diariamente na empresa X no horário diurno. São pintados em média uns 5 ônibus por mês, considerando o período de secagem dentro da cabine. Aos domingos é dado folga aos pintores e não é realizado nenhum serviço de pintura na empresa. Foi solicitado ao responsável da empresa o projeto de construção da cabine, sendo informado que este não existia.

Avaliação da construção atual da cabine:

A cabine foi construída ao lado da oficina de pintura e lanternagem ao final do galpão. Em média o tamanho do ônibus que é pintado na cabine é de 12,5 x 2,46 m

. As dimensões apresentadas pela a cabine de pintura em estudo é de 4,8 m (altura) x 4,85 m (largura) x 16 m (comprimento). Devido a sua localização em área urbana a empresa tem pouco espaço físico para o estacionamento dos seus ônibus, sendo inoperante qualquer nova construção.

A cabine foi construída de tijolos e cimento, sendo revestida as paredes internas e externas com argamassa e pintada no seu interior com tinta acrílica esmaltada creme para facilitar a limpeza e evitar o acúmulo de tinta. O teto foi

construído de laje fina de tijolos não sendo o mesmo impermeabilizando ficando exposta a sua estrutura.

As figuras 8 e 9 - Demonstram o cenário externo mencionado.



Figura 8 - Cabine de pintura - vista frontal.

Fonte: Empresa de transporte rodoviário, 2019.



Figura 9 - Cabine de pintura – vista lateral.

Fonte: Empresa de transporte rodoviário, 2019.

No interior da cabine, foi instalada uma plataforma metálica com altura 1,5 m e largura de 50 cm para movimentação do pintor na execução dos trabalhos ao nível das janelas dos ônibus. A cabine possui duas portas, uma para entrada do ônibus 3,60 x 4,28 m e outra para entrada dos pintores de 2,05 x 0,64 m. Durante a pintura as duas portas ficam fechadas. A porta maior possui instalado filtros com o objetivo da entrada da ventilação natural de ar externo. No fundo da cabine foram instalados os dutos de ventilação vertical, com 21 filtros de 50 x 50 cm, no sentido do teto da cabine. A estrutura da montagem dos filtros é de chapa fina metálica. Do lado da parede do duto não foi revestida de chapa de aço, tendo o mesmo tipo de revestimento da parede interna da cabine. Toda a estrutura superior do duto de ventilação também foi feita com a mesma chapa metálica com duto até o ventilador. As lâmpadas fluorescentes se encontram isoladas por vidro e chapa metálica presa no teto e nas laterais. O piso é de cimento e apresenta rugosidade devido ao acúmulo de tinta. Foram instalados dois ventiladores axiais na porta principal, um de cada lado para ajudar a empurrar a névoa de tinta para os filtros no fundo da cabine.

As figuras 10 e 11 - Demonstram o cenário interno mencionado.



Figura 10 - Cabine de pintura – do fundo para fora.

Fonte: Empresa de transporte rodoviário, 2019.



Figura 11 - Filtros da cabine – ao fundo, mesma estrutura lado esquerdo.

Fonte: Empresa de transporte rodoviário, 2019.

Nota: A cabine possui uma linha de vida em todo a sua extensão (16 m), com cabo de aço preso no teto da cabine. (NR-35, 2012).

3.2 METODO

O processo de adequação da cabine de pintura inicia-se pela análise dos riscos atuais no local de trabalho, por um profissional habilitado (engenheiro), equipe composta pelos pintores, técnico de segurança e técnico de manutenção da cabine.

Esta pesquisa se vale de investigação documental e bibliográfica, de pesquisa de campo e de entrevistas com os funcionários e fornecedores de equipamentos de ventilação industrial.

Para medição da velocidade estática no filtro, velocidade de arrasto na cabine e velocidade no duto a leitura foi feita por um Termo Anemômetro digital TAFR -200 fio quente.

Este trabalho é descritivo, pois faz um batimento das condições atuais da cabine e a construção de um novo sistema de ventilação industrial que possa melhor atender os limites de tolerância dos poluentes no interior da cabine.

A principal limitação foi a falta de equipamentos de higiene ocupacional para avaliar o sistema de ventilação atual da empresa. Mas a documentação (análise ambiental) apresentada pela empresa evidenciou que os limites de Tolerância não estavam sendo respeitados.

Como o objetivo deste estudo é verificar se dentro da cabine atual os limites de poeira e névoa de tinta estão dentro dos limites de tolerância adotado pela NR 15 durante os trabalhos de pintura, outros aspectos de riscos não foram descritos neste estudo.

As inconsistências encontradas, adotou-se como parâmetros a norma ACGIH: Industrial Ventilation Manual - 1998 e norma NBR 6401/ABNT. Para os limites dos poluentes encontrados na cabine foi adotada como norma os parâmetros da NR 15 para vapores/poeira.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O processo de adequação se inicia-se com o levantamento da situação atual da cabine em estudo.

Inicialmente levantou-se através de fotos e inspeção no local de trabalho a condições do sistema de ventilação atual:

4.1 – DEFICIÊNCIA DO SISTEMA ATUAL

1 – A cabine possui através da entrada de ar natural da porta principal, abertura insuficiente de entrada de ar com filtro. Item 2.2.4 da NBR 6401.



Fig.12 - Porta cabine com filtros

Fonte: Empresa de transporte rodoviário, 2019.

2 – A instalação dos dois ventiladores axiais foi feita para melhorar a velocidade de arrasto para captação das partículas de tinta e poeira nos filtros. Item 2.2.3 da NBR 6401. Aumento da potência do ventilador de exaustão resolveria o problema, eliminando-se assim esses dois ventiladores axiais.



Fig.13 - Ventilador axial

Fonte: Empresa de transporte rodoviário, 2019.

3 – Nas paredes da cabine possui tinta e poeira aderida a sua superfície (multicores), tornando o ambiente insalubre para quem trabalha lá dentro. A aumento na frequência da rotina de limpeza da cabine resolveria o problema.

4 – A porta de entrada dos pintores na cabine não apresenta mola para evitar que a mesma permaneça aberta durante os trabalhos de pintura. Devido a diferença de pressão, ao se manter aberta poderá ocorrer a contaminação por poluentes para outros ambientes.



Fig.14 - Porta de entrada sem mola de fechamento

Fonte: Empresa de transporte rodoviário, 2019

5 – Saturação dos filtros da cabine sem apresentar o registro de controle de troca, em média de 600 horas de uso. Informação verbal apenas. Tabela 3 da NBR 6491.



Fig.15 - Filtros saturados

Fonte: Empresa de transporte rodoviário, 2019

6 – A cabine não tem filtros pós filtragem de vapores orgânicos. Apenas filtros pré-filtragem de lã de vidro. Tabela 3 da NBR 6491.

7 – O ventilador fica exposto a intempéries como sol e chuva, apesar da instalação de um chapéu inverso, isso não inibe a exposição. Cap. 6 - ACGIH: Industrial Ventilation Manual – 1998.



Fig.16 - Exposição a intemperes

Fonte: Empresa de transporte rodoviário, 2019

8 – Conforme foto da Fig.16 muito particulado depositado no ventilador e consequente envio para o meio ambiente, prejudicando a vazão de exaustão do ventilador. Saturação dos filtros Tabela 3 da NBR 6491. Ausência dos pós-filtros (vapores).

9 – Posicionamento do ventilador no sentido do fluxo dos poluentes prejudicando a vida útil do equipamento, Fig. 16. Cap. 6 - ACGIH: Industrial Ventilation Manual – 1998.

10 – O ventilador utilizado no sistema é um ventilador axial com exaustor restrito a baixa e média pressão. Sugestão no uso de um ventilador centrífugo. Cap. 6 - ACGIH: Industrial Ventilation Manual – 1998.

11 – O local onde se encontra instalado o motor e ventilador é de difícil acesso para realizar uma manutenção. NR 12. Manutenção de Máquinas e equipamentos.



Fig.16 - Local instalado ventilador e motor

Fonte: Empresa de transporte rodoviário, 2019

12 – Se faz necessário usar escada para acessar o telhado da cabine, risco grande para trabalho em altura NR 35. A empresa possui gancho de amarração da escada e equipamento para instalação de corda trava queda através de vara de extensão. A Fig.9, mostra a escada ao fundo para acesso ao telhado.

13 – A passagem da ligação do duto vertical dos filtros para o duto do telhado onde se encontra o ventilador possui barras de ferro que aumenta a perda de carga do sistema de ventilação, conforme Fig. 17. Cap. 5, ACGIH: Industrial Ventilation Manual – 1998.



Fig.17 - Barras de ferro na saída dos dutos verticais

Fonte: Empresa de transporte rodoviário, 2019

14 – O sistema de ventilação não possui um duto de chaminé, está em desacordo com a Norma ACGIH. Cap. 5, ACGIH: Industrial Ventilation Manual – 1998.



Fig.18 - Falta de chaminé

Fonte: Empresa de transporte rodoviário, 2019

15 – A Fig.17 demonstra que os dutos precisam ser limpos com maior frequência, pois o depósito de material particulado é grande.

16 – Todo o sistema de ventilação dos dutos apresenta muitos obstáculos, cantos vivos e zonas mortas aumentando a perda de carga do sistema. Cap. 5, ACGIH: Industrial Ventilation Manual – 1998.

17 – As avaliações ambientais (vapores e poeira) informadas no PPRA demonstram que os limites de tolerância foram ultrapassados para o contaminante etil benzeno e particulados de poeira respirável (PNOS), conforme Fig. 19 e 20.

AGENTE QUÍMICO – VAPORES ORGANICOS							
GHE 09							
DATA DA AVALIAÇÃO				NOME PROFISSIONAL AVALIADO			
28/02/2018				EDILAN MACHADO DOS SANTOS			
FUNÇÃO DO PROFISSIONAL AVALIADO				DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES			
PINTOR				Realiza atividade de pintura nos ônibus.			
FONTE GERADORA							
Utilização de tinta e solvente em atividades na cabine de pintura							
Análise(s)	Identificação da amostra	Metodologia utilizada	Vazão nominal da bomba	Hora inicial	Hora final	Tempo total de coleta	Volume amostrado
VAPORES ORGANICOS	6697373805	NIOSH 1501	0,2 l/min	11:05	11:45	40 min	8 Litros

Parâmetro(s) analisado(s)	Tempo de exposição ac risco	Resultado	Nível de ação	Limite de exposição	Identificação da amostra	Situação da exposição
Benzeno	Intermitente	0,3 ppm	0,25ppm	0,5ppm	6697373805	Tolerável
Tolueno	Intermitente	2,3 ppm	39ppm	78ppm	6697373805	Tolerável
Xileno	Intermitente	52,1 ppm	39ppm	78ppm	6697373805	Moderado
Etilbenzeno	Intermitente	106,3 ppm	39ppm	78ppm	6697373805	Substancial

Fig.19 - Análise Lab.Vapores

Fonte: PPRA empresa Transp.Rodoviário, 2018

GHE 09						
SETOR – PINTURA						
FUNÇÕES EXPOSTAS		PINTOR SÊNIOR				
AGENTE QUÍMICO – PNOS						
GHE 09						
DATA DA AVALIAÇÃO			NOME PROFISSIONAL AVALIADO			
27/06/2018			DENILSON DA SILVA AZEVEDO			
FUNÇÃO DO PROFISSIONAL AVALIADO			FONTE GERADORA			
PINTOR SÊNIOR			ATIVIDADES DE LIXAMENTO DE SUPERFÍCIES.			
ATIVIDADES DESENVOLVIDAS DURANTE A AVALIAÇÃO						
Realiza atividade de pintura nos ônibus.						
Análise(s)	METODOLOGIA UTILIZADA	VAZÃO NOMINAL DA BOMBA	HORA INICIAL	HORA FINAL	TEMPO TOTAL DE COLETA	VOLUME AMOSTRADO
PNOS RESPIRÁVEL	NIOSH 0600	1,7 l/min	08:30	09:30	60 min	120 Litros
GHE 05						
PARÂMETRO(S) ANALISADO(S)	MASSA	RESULTADO	NÍVEL DE AÇÃO	LIMITE DE EXPOSIÇÃO ACGIH	IDENTIFICAÇÃO	SITUAÇÃO DA EXPOSIÇÃO
PNOS RESPIRÁVEL	-	11,59 mg/m³	1,5 ng/m³	3,0 mg/m³	P 13280	Substancial

Fig.20 - Análise Lab.Poeira

Fonte: PPRA empresa Transp.Rodoviário, 2018

Os Threshold Limit Values (TLV), anualmente são publicados pela American Conference of Governmental Industrial Hygienists, referem-se as concentrações de substâncias suspensas ou dispersas no ar dos ambientes de trabalho, e representam condições sob as quais se supõe que quase todos os trabalhadores possam estar expostos repetidamente, dia após dia, sem efeito adverso. Devido à suscetibilidade individual, contudo, uma pequena porcentagem dos trabalhadores pode sentir desconforto a algumas substâncias em concentrações iguais ou abaixo dos TLV, e uma menor porcentagem pode ser afetada mais seriamente, por agravamento de uma condição pré-existente, ou pelo desenvolvimento de uma doença ocupacional (Mesquita,1943, p.71).

A cabine de pintura se enquadra em um ambiente com a presença de mais de uma substância no ar. Como regra geral, na ausência de informações, os efeitos dos diferentes riscos devem ser considerados como aditivos. Isto, se soma as frações:

$$\frac{C_1}{LT_1} + \frac{C_2}{LT_2} + \dots$$

Exceder a unidade, então o TLV da mistura deve ser considerado excedente: O C é a concentração do contaminante encontrada no ambiente de trabalho e LT o limite de tolerância corresponde ao TLV.

Então, para a avaliação ambiental acima basta considerar a concentração do etil benzeno que o valor já esta excedido, veja o cálculo:

$$\frac{106,3 \text{ ppm}}{78 \text{ ppm}} = 1,363 > 1$$

Os valores para poeira também ficaram excedidos na análise de laboratório feita. Sendo o efeito combinado mais prejudicial a saúde do pintor.

18 – O motor do ventilador tem capacidade insuficiente para realizar a exautão dos poluentes no interior da cabine de pintura. Motor de 6 CV.



Fig. 21 – Placa de Identificação do Motor

Fonte: Empresa de transporte rodoviário, 2019

A situação da ventilação na cabine de pintura atual é evidentemente eneficaz.

4.2 PROPOSTA DO SISTEMA DE VENTILAÇÃO

As opções para o sistema de ventilação proposto são muitas, pois o mercado esta repleto de produtos.

O sistema proposto de ventilação deve melhorar a condição interna da ventilação da cabine com aumento da renovação de ar, como também atender a legislação estabelecida pelo Ministério do Trabalho para os limites de poeira e vapores da NR-15. Sendo que ao ultrapassar os limites de tolerância da norma é considerado insalubre o local, tendo como consequência maiores custos para a empresa e pagamento do adicional de insalubridade para os funcionários e desconto de taxas à previdência.

A cabine de pintura em estudo tem as seguintes dimensões: 4,80 (altura) x 4,85 (largura) x 16 (comprimento).

Face da cabine:

$$4,85 \times 3,2808 = 15,91 \text{ ft}$$

$$4,80 \times 3,2808 = 15,74 \text{ ft}$$

$$\text{Vazão da seção transversal } 15,91 \times 15,74 = 250,42 \text{ ft}^2$$

Para grandes cabines de pintura a pistola (ACGIH) considera $Q = 50$ cfm (pés cubico pr minuto) por ft^2 de seção transversal quando a altura (15,91) x largura (15,74) for maior que 150 ft^2 .

$$\text{Então temos a vazão da cabine: } 50 \text{ cfm} \times 250,42 \text{ ft}^2 = 12.521 \text{ cfm}$$

$$\text{Convertendo para m}^3/\text{h } 12.521 \times 1,7 = 21.285,70 \text{ m}^3/\text{h}$$

Cálculo da velocidade de transporte na cabine

$$V = Q/A \text{ form (1)}$$

$$\text{Primeiro converter a vazão para m}^3/\text{s: } 21.285 \text{ m}^3/\text{h} / 3600 \text{ s} = 5.9125 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = 5.9125 / (4,85 \times 4,80) = 0,254 \text{ m/s}$$

Cálculo da perda de carga

Vamos adotar a velocidade de transporte no duto de 15 m/s para partículas de densidade média, então vamos considerar a fórmula abaixo de perda de carga para grandes cabines a pistola:

$$\Delta p_e = 0,50 (V / 4,005)^2 + \text{perda de carga nos filtros sujos} + \text{perda de carga lavador de gases.}$$

$$\Delta p_e \text{ no duto} = 0,50 (V / 4,005)^2 = 0,50 (15 \text{ m/s} / 4,005)^2 = 0,50 \times 14,03 = 7,02 \text{ mmca}$$

$$\Delta p_e \text{ no filtro sujo de acordo com o fornecedor (AIRMAX)} = 25 \text{ mmca}$$

$$\Delta p_e \text{ perda de carga no lavador de acordo com o fornecedor (TRANSFER)} = 43 \text{ mmca}$$

$$\text{A pressão estática que chega ao ventilador será então: } 7,02 + 25 + 43 = 75 \text{ mmca}$$

Cálculo da pressão cinética do duto que chega ao ventilador será:

Como a norma para grandes cabine de pintura a Vd variando de 1000 a 3000 fpm, convertendo 5,08 a 15,24 m/s vamos adotar também a velocidade no duto como 15 m/s.

Então temos a seguinte fórmula para o cálculo da Pc.

$$Vd = 4,43 \times \sqrt{Pc / \rho}$$

$$Pc = (Vd / 4,43)^2 \times \rho$$

Considerando = 1,2 kg/m³ (densidade do ar)

$$Pc = (15 / 4,43)^2 \times 1,2 = 13,75 \text{ mmH}_2\text{O} = 14 \text{ mmH}_2\text{O} = 14 \text{ mmca}$$

$$Pe = Pt - Pc$$

$$Pt = Pe + Pc = 75 \text{ mmca} + 14 \text{ mmca} = 89 \text{ mmca}$$

A potência requerida pelo ventilador (Nrv) pode ser estimada pela fórmula:

$$Nrv = \frac{Q \text{ (m}^3\text{/s)} \cdot Pt \text{ (mmca)}}{75 \cdot Ev} \quad \text{CV form (2)}$$

A eficiência fornecida pelo fabricante do ventilador centrífugo com pás para trás foi de 80%. Então o seguinte resultado:

$$Nrv = \frac{5.9125 \text{ (m}^3\text{/s)} \cdot 89 \text{ (mmca)}}{75 \cdot 0,80} \quad \text{CV}$$

$$Nrv = 8,77 \text{ CV}$$

De acordo com a tabela de ventiladores fornecida pela Transfer, temos a seguinte escolha do ventilador para Pt = 89 mmca, Q = 21.285 m³/h e Nrv = 8,77 CV:

Tabela 4 – Ventiladores Centrifugos

TAMANHO SÉRIE	ROTAÇÃO (rpm)	MOTOR (cv / Pólos)	PRESSÃO TOTAL (mmca)													
			45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	110	120
250-3	3500	0,5/2	1.590	1.555	1.515	1.475	1.435	1.395	1.355	1.290	1.230	1.160	1.075	-	-	-
280-3	3500	1,0/2	-	-	2.245	2.205	2.165	2.125	2.080	2.035	1990	1.940	1.880	1.820	1.660	1.485
450-3	1750	1,5/4	4.415	4.270	4.125	3.950	3.760	3.510	3.260	2.860	-	-	-	-	-	-
500-3	1750	2,0/4	6.370	6.215	6.070	5.905	5.750	5.585	5.415	5.170	4.910	4.635	4.295	-	-	-
560-3	1750	4,0/4	-	-	8.975	8.815	8.660	8.505	8.320	8.130	7.965	7.765	7.525	7.280	6.645	5.945
630-3	1150	2,0/6	7.540	7.215	6.780	6.210	5.660	-	-	-	-	-	-	-	-	-
710-3	1150	4,0/6	11.610	11.270	10.940	10.600	10.210	9.695	9.105	8.495	7.640	-	-	-	-	-
800-3	1150	6,0/6	-	17.130	16.760	16.400	16.030	15.630	15.250	14.810	14.290	13.750	12.280	12.280	10.070	-
900-3	1150	12,5/6	-	-	-	24.520	24.240	23.820	23.430	22.970	22.580	22.140	21.220	21.220	20.070	18.660

Fonte: (Transfer, 2019)

Teremos como escolha um ventilador centrífugo – modelo VLL -3, com rotor de pás retas inclinadas para trás (limit-load).

Motor: 12,5 CV, 6.0 pólos (1150 RPM).

A escolha do lavador de gases, adotou-se o mesmo critério. Utilizou-se a tabela do fornecedor da Transfer para vazão $Q = 21.285 \text{ m}^3/\text{h}$, temos então:

Tabela 5 – Lavador de Gases

TAMANHO VAZÃO NOMINAL	VAZÃO (m^3/h)	H (alt.)	C (compr.)	L (larg.)	-	-	-	-	-	-	TANQUE (L)	PESO SECO (kg)
LG 1.10	6.460	1.625	1.000	750	-	-	-	-	-	-	408	142
LG 1.11	7.130	1.625	1.000	850	-	-	-	-	-	-	452	152
LG 1.12	8.560	1.625	1.000	1.000	-	-	-	-	-	-	512	170
LG 1.13	10.580	1.800	1.200	1.000	-	-	-	-	-	-	616	294
LG 1.14	13.120	1.800	1.200	1.200	-	-	-	-	-	-	772	326
LG 1.15	14.960	2.100	1.500	1.000	-	-	-	-	-	-	828	416
LG 1.16	17.950	2.100	1.500	1.200	-	-	-	-	-	-	1.000	445
LG 1.17	20.950	2.100	1.500	1.400	-	-	-	-	-	-	1.160	490
LG 1.18	23.960	2.100	1.500	1.500	-	-	-	-	-	-	1.320	535
LG 1.19	26.950	2.100	1.800	1.550	-	-	-	-	-	-	1.380	565
LG 1.20	30.000	2.100	1.800	1.600	-	-	-	-	-	-	1.450	595

* COTAS APROXIMADAS, EM MILÍMETROS.

Fonte: (Transfer, 2019)

Modelo: LG 1.18 hidrodinâmico.

Cálculo da velocidade de insuflação de ar para interior da cabine:

Considerando a form (1) $V = Q/A$

$Q = 5.9125 \text{ m}^3/\text{s}$

Temos 8 filtros de 600 x 600 mm em cada porta para entrada de ar.

$A = 5,76 \text{ m}^2$

$V = 5.9125 \text{ m}^3/\text{s} / 5,76 \text{ m}^2 = 10, 26 \text{ m/s}$

Para comparar com os parâmetros do projeto foi realizada avaliação quantitativa da velocidade no interior da cabine para confronto com o projetado. O equipamento utilizado foi um termo anemômetro digital mod TAFR 200 de fio quente. Os valores estão apresentados no item 5 – Conclusões.

5 CONCLUSÕES

Em termos gerais, pode-se considerar que os objetivos inicialmente estabelecidos foram alcançados, pois ao longo deste trabalho foi possível ter o entendimento que o funcionamento do sistema de ventilação da cabine de pintura atual se encontra totalmente deficiente em termos de exaustão dos poluentes. Os resultados das avaliações ambientais da poeira e vapores apresentados pelo PPRA demonstraram essa saturação do ar no interior da cabine. A avaliação quantitativa da velocidade no quadro comparativo abaixo conclui essa atual realidade, apresentando um ventilador axial de baixa potência, grande perda de velocidade de exaustão devido ao acumulado de sujeira nos filtros e baixa velocidade de insuflação de ar para interior da cabine. Segue o quadro:

Tabela 6 – Cenário atual x projetado

Velocidade	Cenário atual	Cenário projetado
Cinética no duto	4,60 m/s	15 m/s
De Transporte até o filtro	1,06 m/s	3 m/s
De insuflação de ar	3,64 m/s	10,26 m/s

Fonte: (pessoal, 2019)

A revisão bibliográfica realizada possibilitou a constatação da importância da ventilação industrial nos ambientes de cabines de pintura, sobre as possibilidades de manter uma maior renovação do ar com a retirada dos poluentes de poeira e vapores, onde atmosferas com maior concentração destes particulados aumentam o riscos de combustibilidade e insalubridade pelos poluentes, interferindo diretamente no desempenho das atividades humanas e sobre a capacidade produtiva.

Os resultados obtidos possibilitaram uma análise mais detalhada das condições de ventilação atuais da cabine, que são comprovadamente ineficazes para o atendimento dos padrões da norma NR 15. Os equipamentos atualmente instalados não proporcionam uma exaustão o suficiente para retirada dos poluentes.

Desta forma, afirma-se que a cabine em estudo não possui ventilação de renovação de ar natural o suficiente, não possui troca dos filtros com controle permanente, não realiza a limpeza interna da poeira com frequência, não possui mecanismo de manter fechada a porta de entrada dos funcionários (permitindo a variação de pressão) e não possui filtro pós-filtragem de vapores orgânicos para atmosfera.

Perante as colocações acima mencionadas estabeleceu-se a proposta de implantar um novo sistema de ventilação para a cabine de pintura com ventilador/motor mais potente que faça a exaustão dos poluentes e renovação do ar interno com uso correto do pré-filtro e pós-filtro.

Este novo sistema de ventilação garantirá as renovações de ar necessárias na cabine e uma melhor movimentação do ar, permitindo que os limites de poeira e vapores sejam respeitados. Proporcionando melhores condições internas de trabalho neste ambiente.

6 REFERÊNCIAS

Cartilha do INEA. Oficinas Mecânicas – Gestão Ambiental, 2 Edição, 2014. Disponível em: <<http://www.inea.rj.gov.br/publicacoes/publicacoes-inea/serie-gestao-ambiental/>>. Acesso em: 11/ago/2019.

NR 9 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais – Portaria Mtb 871, 06/07/2017.

Cabine de Pintura, versão em: 11/04/2018. Disponível em: <<https://zanottirefrigeracao.com.br/blog/cabine-pintura/>>. Acesso em: 02/set/2019.

Composição Química das Tintas Automotivas. Disponível em: <<https://www.materiais.gelsonluz.com/2019/03/composicao-quimica-das-tintas.html>>. Acesso em: 04/set/2019.

MARTINS, P.; Apostila 01 tintas e Vernizes, julho 2019. Disponível em: <http://pt.scribd.com/doc/36143431/Apostila-01-Tintas-e-Vernizes>>. Acesso em: 12/AGO/2019.

Tinta PU. Disponível em: <<http://www.plastintintas.com.br/>>. Acesso em: 05/set/2019.

Norma NHO 11 – Avaliação dos Níveis de Iluminamento, 22/10/2018.

ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). NBR 10411: Inspeção e amostragem de isolantes térmicos. Rio de Janeiro, 1988. Alterada 10/2011.

WOODS OF COLCHESTER LTDA. Guia práctica de la Ventilación. Barcelona: Blume, 1970.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Escola Politécnica Programa de Educação Continuada. Ventilação Industrial I. Epusp - EAD/ PECE, 2018a. 7 p.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Escola Politécnica Programa de Educação Continuada. Agentes Químicos I. Epusp - EAD/ PECE, 2018b. 125 p.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Escola Politécnica Programa de Educação Continuada. Ventilação Industrial I. Epusp - EAD/ PECE, 2018a. 180 p.

MESQUITA, A.L.S.; GUIMARÃES, F. A.; NEFUSSI, N. Engenharia de Ventilação Industrial, 1ª ed., São Paulo, Brasil: CETESB/ASCETESB, 1977. 442 p.

MACINTYRE, A.J. Ventilação Industrial e Controle da Poluição, 2ª Ed., Rio de Janeiro: LTC, 2019. 403 p.

ACGIH Industrial Ventilation, A Manual of Recommended Practice, 23 rd Edition, American Conference of Governmental Industrial Hygienists, USA, 1998.

NR 15 - Atividades e Operações Insalubres - Portaria 1084, 18/12/2018.

NR 33 – Segurança e Saúde dos Espaços Confinados - Portaria MTE 1409, 29/08/2012.

Filtros, Disponível em: <<http://www.cabfil.com.br/>>. Acesso em: 30/08/2019.

ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). NBR 6401: Instalações centrais de ar-condicionado para conforto - Parâmetros básicos de projeto. Rio de Janeiro, 1980.

NR 35 – Trabalhos em Altura - Portaria MTb 1113, 21/09/2016.