



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

CURSO DE ENGENHARIA E GESTÃO INDUSTRIAL

Relatório de Estágio Profissional

Tema: Dimensionamento de sistema de exaustão para renovação do ar
na TEMOC

Discente:

Mateus, Victorino Henriques

Supervisor da Faculdade:

Eng.º Páxis Roque

Supervisor da Empresa TEMOC:

Simão Chichongue

Maputo, Junho de 2025



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

CURSO DE ENGENHARIA E GESTÃO INDUSTRIAL

Relatório de Estágio Profissional

Tema: Dimensionamento de sistema de exaustão para renovação do ar
na TEMOC

Autor:

Mateus, Victorino Henriques

Supervisor da Faculdade:

Eng.º Paxis Roque

Supervisor da Empresa TEMOC:

Simão Chichongue

Maputo, Junho de 2025



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

CURSO DE ENGENHARIA E GESTÃO INDUSTRIAL

TERMO DE ENTREGA DO RELATÓRIO DE ESTÁGIO PROFISSIONAL

Declaro que o estudante Mateus, Victorino Henriques, N° 20181845 entregou no dia __/__/____
as ____ cópias do relatório de estágio profissional, intitulado Dimensionamento de sistema de
exaustão para renovação do ar na TEMOC.

Maputo, Junho de 2025

A Chefe da Secretária



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

CURSO DE ENGENHARIA E GESTÃO INDUSTRIAL

Relatório de Estágio Profissional

Dimensionamento de sistema de exaustão para renovação do ar na TEMOC

Campo de Estudo: Exaustor centrífugo

Eu, Victorino Henriques Mateus estudante da Universidade Eduardo Mondlane, Faculdade de Engenharia, do curso de Engenharia de Gestão Industrial, do 6º nível, submeto este trabalho exclusivamente como chave para obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia e Gestão Industrial.

Aprovado por:

Eng.º Paxis Roque, Supervisor do Relatório

Membro do júri 1

Membro do júri 2

Membro do júri 3

DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, Victorino Henriques Mateus declaro por minha honra que o presente Relatório de Estágio é exclusivamente da minha autoria, não constituindo cópia de nenhum trabalho realizado anteriormente e as fontes usadas para a realização do trabalho encontram-se referidas na bibliografia.

Assinatura:

(Victorino Henriques Mateus)

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar quero agradecer a Deus por me ter concedido o dom da vida e pela força de persistência nessa formação académica. Endereço também os meus agradecimentos aos meus pais que tanto me apoiaram neste percurso estudantil, Entretanto agradecer á aquelas que particularmente contribuíram para a sua realização.

Aos meus prezados colegas dos períodos pós-laboral, aos docentes do Departamento de Engenharia Mecânica na Faculdade de Engenharia e ao meu supervisor Eng.º Páxis Roque pela orientação e dedicação na elaboração do projecto.

DEDICATÓRIA

O presente projecto é dedicado a todos meus colegas e familiares e de especial aos meus pais pelo seu grande sacrifício e apoio para fazer com que esta etapa da vida se concretize.

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: composição do ar. (Fonte: autor).....	12
Tabela 2: Velocidade de captura em função das condições de geração (Fonte: Costa, 2005, p.147.).....	17
Tabela 3: Velocidade de captura em função da operação (Fonte: Costa, 2005, p.147.).....	18
Tabela 4: Vazão do ar nos captores (Fonte: Costa, 2005, p. 149.).....	18
Tabela 5: Coeficiente de atrito nos captores (Fonte: Costa, 2005, p. 151.).....	19
Tabela 6: Distância adequada conforme vazão (Fonte: Macintyre, 1990, p.236.).....	20
Tabela 7: Velocidade de ar em dutos segundo ASHRAE. (Fonte: Costa, 2005, p. 154.).....	20
Tabela 8: Coeficiente de atrito nas curvas das canalizações (Fonte: Costa, 2005, p.157.).....	21
Tabela 9: Coeficiente de atrito de acessórios (Fonte: Costa, 2005, p.107.).....	21
Tabela 10: Coeficiente de atrito de redução do diâmetro (Fonte: Macintyre, 1990, p.143.).....	22
Tabela 11: Resultados dos dutos no sistema de exaustão (Fonte: autor).....	34
Tabela 12: Resultado da perda de carga dos acessórios (Fonte: autor).....	35
Tabela 13: Dados do sistema (Fonte: autor).....	35
Tabela 14: Resultados da perda de carga na canalização (Fonte: autor).....	35
Tabela 15: Dados do ventilador (Fonte: OTAM, 2015.).....	36

ÍNDICE DE FIGURAS

figura 1: Ventilação natural (internet)	13
figura 2: Ventilação geral (internet)	14
figura 3: Ventilação Geral Diluidora (internet)	14
figura 4: Ventilação Local Exaustora (internet)	15
figura 5: Exaustor eólico (internet)	15
figura 6: Exaustor centrífugo (internet)	16
figura 7: Exaustor axial (internet)	16
figura 8: Colectores centrífugos ou ciclones (internet)	24
figura 9: Área de estudo de caso.(Fonte: autor)	28
figura 10: layout do sistema de exaustão. (Fonte: autor)	33
figura 11: disposição do modelo (Fonte: autor)	36

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 : Diagrama de Moody.....	Anexo
Anexo A - Curva característica ventilador centrífugo OTAM.....	Anexo

LISTA DE ABREVIATURAS E SIMBOLOS

VLE= ventilação local exaustora;

EPIs = equipamentos de protecção individual;

VGD= Ventilação Geral Diluidora;

Q= vazão volumétrica;

A= área da seção;

V= velocidade;

D= diâmetro;

f = fator de atrito;

ρ = massa específica;

l= comprimento do duto;

Re= numero de Reynolds;

Δp_c = perda de carga nos captores;

Ke= coeficiente de perda de carga para pressão cinética no duto;

vc= velocidade de captura;

Pt= pressão total;

pe= pressão estática;

pd= pressão dinâmica;

λ = fator de atrito;

μ = coeficiente de entrada;

x= distância do bocal;

k= Coeficiente de forma da boca do captor;

Ω_o = Área de colecta de contaminante;

c = Velocidade do ar poluído com gases e vapores;

ΔP = Perda de carga;

V_r = Velocidade real;

$\Sigma\lambda$ = Somatório do coeficiente de atrito;

g = Intensidade do campo gravitacional;

γ = Peso específico do ar;

ΔP_{dutos} = Perda de carga da dutos;

P_m = Potência mecânica;

Δp_t = Perda de carga do sistema;

η_t = Rendimento total;

ΔP_i = perda de carga de insuflamento;

ΔP_e = perda de carga nas linhas de exaustão;

RESUMO

A poluição dentro da fábrica pode afectar tanto os trabalhadores quanto o meio ambiente. Alguns dos riscos associados à poluição interna do ar são: doenças respiratórias, alergias, irritação nos olhos, nariz e garganta, dores de cabeça, fadiga, náusea e até câncer. Além disso, a poluição dentro da fábrica pode contribuir para a emissão de gases de efeito estufa, que causam o aquecimento global e as mudanças climáticas. Um sistema de exaustão industrial tem como objectivo criar e otimizar uma instalação para abater a poluição desse tipo de ambiente. Esses sistemas contribuem para a saúde do trabalhador, por removerem os gases e poeira dos ambientes de trabalho industriais, tornando-o seguro e saudável. A TEMOC é uma empresa de médio porte com uma área total de 10x15m, a empresa localiza-se em Maputo, Distrito da Boane, no parque industrial de beleluane, onde a empresa actualmente conta com 60 (sessenta) operários de entre os quais 2 na automação, 18 estão na área de engenharia eléctrica, 20 na engenharia mecânica e os restantes 20 na manutenção industrial. O sistema de exaustão do ar é instalado na parte interior da fábrica, numa altura próximo ao tecto, e será feita de material metálico com a capacidade de resistir por muito tempo e também por não entrar em chama. O mesmo sistema será feito de tubagem com dimensões largas onde terá várias componentes dispersos sob o telhado e conta com um exaustor. Porém foi determinado um ventilador que melhor atende o projecto, de modo que foi seleccionado o ventilador LMS 900 ARR.1 CL.IV – 3100 rpm com uma vazão de 14904 /h. Sendo assim o sistema de exaustão é um sistema que acaba sendo o meio mais eficaz no controle da poluição, trazendo ao seus beneficiado uma melhor condição de trabalho e porque não dizer trazendo melhores condições de vida.

Palavras-chave: sistema de exaustão

ABSTRACT

Pollution inside a factory can affect both workers and the environment. Some of the risks associated with indoor air pollution are: respiratory diseases, allergies, eye, nose and throat irritation, headaches, fatigue, nausea and even cancer. In addition, pollution inside a factory can contribute to the emission of greenhouse gases, which cause global warming and climate change. An industrial exhaust system aims to create and optimize a facility to reduce pollution from this type of environment. These systems contribute to worker health by removing gases and dust from industrial work environments, making them safe and healthy. TEMOC is a medium-sized company with a total area of 10x15m. The company is located in Maputo, Boane District, in the Beleluane industrial park, where it currently has 60 (sixty) workers, of which 2 are in automation, 18 are in electrical engineering, 20 in mechanical engineering and the remaining 20 in industrial maintenance. The air exhaust system is installed inside the factory, close to the ceiling, and will be made of metal material that can withstand long periods of time and is also flame-resistant. The system will be made of large pipes with several components spread out under the roof and will have an exhaust fan. However, a fan that best suits the project was selected, so the LMS 900 ARR.1 CL.IV fan – 3100 rpm with a flow rate of 14904 m³/h was selected. Therefore, the exhaust system is a system that ends up being the most effective means of controlling pollution, providing its beneficiaries with better working conditions and, why not say, better living conditions.

Keywords: exhaust system

CAPITULO 1

• INTRODUÇÃO

O exaustor em seu conceito mais básico é o aparelho que trata devidamente o ar evitando problemas de saúde para os funcionários e colaborando no cuidado com o meio ambiente. É importante saber que o dimensionamento de sistemas de exaustão industrial deve ser desenvolvido exclusivamente por um profissional preparado, em geral, um engenheiro. Isso porque a implementação desse sistema deve seguir padrões de engenharia e demanda de experiência e qualificação para tal.

O presente trabalho explora uma oportunidade de aplicação e instalação de um sistema de exaustão, na empresa TEMOC (Técnica e Engenharia Moçambique) responsável pela na gestão e manutenção da produção de Painéis Industriais Eléctricos. Nesta empresa algumas actividades são afectadas quando há perturbações derivadas de falta de renovação do ar, que pode ser completamente resolvida com projecto de exaustão industrial.

Actualmente, o trabalho tem uma função fundamental na sociedade e na vida das pessoas acarretando uma dedicação de boa parte do seu tempo para o trabalho. “As pessoas passam a maior parte do seu tempo na organização em um local de trabalho que constitui o seu costumeiro habitante. O ambiente de trabalho se caracteriza por condições físicas e materiais e por condições psicológicas e sociais. Ambas intimamente relacionadas.” (Chiavenato, 2014).

O projecto do sistema de exaustão é extremamente importante para locais fechados, pois propicia a circulação de oxigénio, diminuindo os danos à saúde nos diversos segmentos industriais. Uma série de factores que influenciam de uma forma quantitativa e qualitativa nas emissões de fumos do processo. Alguns aspectos, porém, são comuns a todos os processos, ou seja, em qualquer processo de soldagem a arco eléctrico existem emissões de fumos e gases tóxicos oriundos do ponto de soldagem, normalmente estes poluentes atingem as maiores concentrações, na zona de respiração do soldador.

Para o dimensionamento de um sistema de ventilação industrial há necessidade de conhecimentos teóricos e práticos, que visam possibilitar melhores condições de avaliações e

projecto, evitado dessa forma que a utilização de técnicas gerais da ventilação torne o projecto menos eficiente (MESQUITA, GUIMARÃES, NEFUSSI, 1977).

O dimensionamento de um sistema de exaustão tem a finalidade de projectar um sistema técnico capaz de remover com eficiência os fumos gerados pela fonte de emissão. O dimensionamento clássico consiste na aplicação de equações, sendo que as definições de alguns parâmetros são necessárias, o que muitas vezes são adoptados empiricamente pela experiência do projectista ou do grupo de projectos. Logo, a ventilação do ambiente deve ser criteriosamente planejada, executada e alterada quando necessário, a fim de que sejam prevenidos danos à saúde, segurança e bem-estar dos trabalhadores.

- **CONTEXTUALIZAÇÃO**

No século XX, a manutenção era vista como mal necessário, mais um item nos custos para organização, não havia um sector específico para tal actividade, os colaboradores eram responsáveis pela produção de produtos e serviços e manutenção das máquinas dentro do processo produtivo. Porém, a inovação tecnológica, juntamente com a necessidade de racionalização, levou a um aumento na complexidade da manutenção industrial, ocasionando novos desafios. Essa influência do mercado modificou os conceitos de gestão e, com isso, novos padrões de qualidade e produtividade surgiram.

Os estudos realizados por Marquez (2009) indicam que dentro do novo cenário, extremamente competitivo e economicamente globalizado, é de fundamental importância que as empresas enxerguem a gestão da manutenção como uma função e sector estratégico para aumento da produtividade. Tendo em vista que a produtividade está directamente ligada à redução dos custos e propicia aumento de facturamento, confiabilidade e disponibilidade das máquinas produtivas que podem contribuir consideravelmente para o aumento da competitividade das indústrias. Haja vista o que foi mencionado, toda indústria que garantir a disponibilidade e confiabilidade de seus equipamentos, máquinas e colaboradores através de um gestor multidisciplinar que vise garantir a gestão da manutenção eficiente, garantirá sua competitividade no mercado.

Hoje a missão da manutenção é garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender um processo de produção ou serviço, com confiabilidade, segurança, preservação do meio ambiente e custos adequados (Kardec; Nascif, 1998).

A manutenção e a produção de Painéis Industriais Eléctricos, sobre o ponto de vista da gestão são partes essenciais do funcionamento de uma indústria, pois, como em todo o processo, a energia eléctrica é indispensável que toda a rede se encontre em plenas condições de uso, afim de evitar gargalos na produção e conseqüentemente perdas económicas (G. Costa).

- **Historial da empresa**

A empresa, surgiu em 1995 e começou a operar em 2003. Esta, actua a nível nacional no desenvolvimento e entrega de soluções de automação, electricidade e instrumentação, integrando equipamentos das mais diversas tecnologias. A empresa faz engenharia para movimentar a vida,

trabalhando desde a concepção do projecto até o período de manutenção, analisando cada passo, discutindo soluções junto com o cliente, a fim de garantir a melhor relação custo-benefício em seus serviços, com foco em uma relação duradoura e sustentável.

A manutenção e a produção de Painéis Industriais Eléctricos, sobre o ponto de vista da gestão são partes essenciais do funcionamento de uma indústria, pois, como em todo o processo a energia eléctrica é indispensável que toda a rede se encontre em plenas condições de uso, a fim de evitar gargalos na produção e conseqüentemente perdas económicas.

A empresa TEMOC produz acerca de 24 Painéis Industriais Eléctricos por ano. Dependendo das exigências dos clientes, o número de painéis aumenta para 48. Devido a demora do levantamento dos Painéis Industriais Eléctricos por parte dos clientes, para evitar com que os mesmos danifiquem-se, a sua manutenção é feita de dois em dois dias.

- **Características da empresa**

A empresa tem na área operativa no interior máquinas tais como tornos de bancada, engenhos mecânico, transformadores de soldagem por arco-voltaico, rebarbadoras para efectuar os cortes e também conta com um sistema de pintura para protecção das bases contra a corrosão. Onde por outro lado ocorre a montagem das placas realizadas com os técnicos da pate electrónica.

Em geral, a empresa conta com 3 janelas na área não produtiva, e um portão na área produtiva, logo o principal agente responsável pela poluição industrial no interior da fábrica é o acumulo de partículas e substâncias durante o processo de produção que libera gases extremamente tóxicos que, se não forem devidamente tratados, acumulam-se em organismos vivos.

Os processos de soldagem, pintura entre outros emitem fumos e gases, os quais podem ser retirados pelo sistema de exaustão, esses poluentes são enviados para atmosfera depois de tratados. Com a utilização de um sistema de exaustão ocorre a redução da dispersão de contaminantes no ambiente industrial.

- **Implementação do sistema na empresa**

O sistema de exaustão para a renovação do ar na TEMOC vem com seus benefícios uma vez que será implementado pela primeira vez na empresa. Percebe se que a instalação do sistema já

estava a ser estudado há bastante tempo só faltava um estudo profundo de como executar o processo para se dimensionar.

E nesta vertente que se propõe a projecção de um sistema de exaustão para redução de agentes poluentes deste meio ambiente e ajudar no uso equipamentos de protecção individual (EPIs), de modo a trazer benefícios tanto para a saúde dos trabalhadores quanto para o desempenho económico e ambiental da indústria.

- **OBJECTIVOS**

- **Objectivo geral**

- Projectar um sistema de exaustão;

- **Objectivos específicos**

- Identificar os riscos dos impactos ambientais na fábrica;
- Identificar equipamentos a serem usados na remoção do ar contaminado;
- Dimensionar o sistema de exaustão;

- **HIPÓTESE/PROPOSIÇÕES**

A exaustão é um dos recursos mais eficazes para o controle dos ambientes de trabalho. Para o presente trabalho, pretende-se se projectar um sistema de exaustão para atender as necessidades específicas e atingir o objectivo de manter o ambiente de trabalho dentro de parâmetros seguros em termos de contaminação do ar e por conseguinte, preservar a saúde dos trabalhadores.

- **PERGUNTAS DA INVESTIGAÇÃO**

O que é um sistema de exaustão?

Como funciona este tipo de equipamento?

Um sistema de exaustão industrial é um conjunto de equipamentos e componentes utilizados com a finalidade de remover o ar quente ou contaminado de um ambiente industrial. Ele é projectado para garantir o conforto térmico e a segurança dos trabalhadores, bem como para proteger o meio ambiente e evitar danos às instalações. Mas também ajudam garantir que o ar nos ambientes industriais seja fresco e renovado, o que contribui para a melhoria da eficiência de diversos processos produtivos. As temperaturas e unidades adequadas atingidas com estes sistemas que são de extrema importância nos ambientes industriais.

O sistema de exaustão industrial é um equipamento que realiza a remoção por descompressão de partículas e gases que estão presentes em um local sem precisar de pressurizá-lo, ou seja, o sistema de ar industrial capta e remove o ar com impurezas do ambiente por meio de um agrupamento de equipamentos específicos.

Os sistemas de exaustão possuem filtros que realizam a filtragem de contaminantes e partículas nocivas presentes no ar, contribuindo de maneira eficiente com a promoção de um ambiente saudável e seguro, diminuindo os casos de absenteísmo. Além de ser responsável por executar a renovação do ar e promover o conforto térmico, o sistema de exaustão é fundamental na retirada de gases, fumaças e partículas suspensas no ar.

Existem ramos industriais que precisam de sistemas de exaustão específicos, com o foco na preservação de maquinarias, trabalhando para auxiliar no resfriamento dos equipamentos e contribuindo para que eles tenham maior vida útil e um melhor desempenho energético. Mas não

se deixe enganar, um sistema de exaustão indevidamente instalado acarretará vários problemas e desconfortos, ocasionando um aumento em número de faltas, mudança de comportamento e temperamento, insatisfação com o trabalho e diminuição da produtividade dos trabalhadores. Além disso, poderá haver um aumento significativo nas ocorrências de acidentes de trabalho e danos à saúde dos profissionais.

Este sistema é utilizado quando existe uma fonte de calor ou um poluente. O necessário é a retirada desse ar do ambiente. As principais aplicações são: fogões industriais, máquinas politizes, líquidos voláteis, fumaças, usinagem de borracha ou gesso, cabines de pintura e gases etc.

A qualidade do ar impacta o clima, a produção de alimentos, a biodiversidade e os ecossistemas. E no ambiente de trabalho, especialmente em locais onde ocorre a liberação de gases, vapores, odores e outras partículas poluentes frequentemente, essa preocupação é ainda mais evidente

No entanto é inegável que as partículas resultantes dos processos industriais causam impactos negativos ao meio ambiente. Sendo assim, uma das razões para investir em um sistema de exaustão de ar no ambiente industrial é proteger o meio ambiente. E por sua vez os filtros possuem duas funções principais. A primeira é evitar que o ar contaminado entre nas dependências do ambiente, garantindo uma qualidade atmosférica ideal.

- **ESTRUTURA DO TRABALHO**

O presente trabalho está dividido em seguintes partes metódicas:

Capítulo I – **INTRODUÇÃO** – apresenta a introdução, a contextualização, os objectivos gerais e específicos, a hipótese de investigação, e as perguntas da investigação.

Capítulo II – **REVISÃO BIBLIOGRÁFICA** –Exaustão e ventilação, tipos de exaustores e ventiladores, tipos de filtros, componentes do sistema e por fim tipos de condutas dos quais serão seleccionados para a projecção do sistema de exaustão.

Capítulo III – **CONTEXTUALIZAÇÃO DA INVESTIGAÇÃO** – apresenta os problemas da pesquisa, um estudo de caso que consiste no dimensionamento do sistema exaustão da fabrica.

Capítulo IV – **METODOLOGIA DE RESOLUÇÃO DO PROBLEMA** – apresenta a simulação dos resultados que comprovam o dimensionamento do sistema de exaustão do projecto.

Capítulo V – **APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS** – é onde serão analisados e discutidos todos dados que vão estar presentes nos resultados.

Capítulo VI – **CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÃO** – trata das as principais indicações, conclusões, recomendações seguidas das referências bibliográficas utilizadas como base para a realização desse estudo, por fim os anexos.

CAPÍTULO 2

- **REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

É essencial o conhecimento de alguns princípios e teorias que servem de base para o trabalho. Os conceitos utilizados no trabalho são fundamentações teóricas, bem como a especificação dos principais equipamentos técnicos utilizados na execução deste trabalho.

- **EXAUSTÃO**

O exaustor industrial é um equipamento que realiza a remoção do ar poluído e contaminado de dentro de locais como cozinhas, laboratórios, fábricas e galpões. Assim, é responsável pela segurança no ambiente de trabalho, eliminando gases, vapores, fumaças e poeiras, que podem ser prejudiciais à saúde dos trabalhadores e à produção. Além disso, ele também pode ser usado para manter o conforto térmico, refrescando grandes espaços.

O sistema de ventilação é responsável por promover a circulação de ar, mantendo o conforto térmico, retirando o ar contaminado e garantindo a diluição de gases, odores e vapores.

Ventiladores e exaustores podem ser usados em conjunto para purificar o ar no interior das fábricas. Ventilação Industrial é compreendida como a operação realizada por meios mecânicos que visa controlar a temperatura, a distribuição do ar, a umidade, e eliminar agentes poluidores do ambiente tais como gases, vapores, poeiras, fumos, névoas, microorganismos e odores, designados por contaminantes ou poluentes (MACINTYRE, 1990, p. 1).

- **AGENTES TÓXICOS**

Os agentes tóxicos são designados em saúde ocupacional como agentes químicos de doenças profissionais, podem ocorrer no estado sólido, líquido ou gasoso. Quando no estado sólido ou líquido, podem apresentar-se suspensos no ar como material particulado. Já os agentes tóxicos que se apresentam no estado gasoso são constituídos pelos gases e vapores, vale destacar uma das propriedades mais importantes desse agente é a capacidade de misturar-se com o ar, assim tornando parte do mesmo. Portanto, podem ser classificadas de acordo com sua formação podendo estar na forma de poeiras, fumos e névoas (MESQUITA, GUIMARÃES, NEFUSSI,

1977).

- **CLASSIFICAÇÃO DOS AGENTES TÓXICOS**

Os agentes tóxicos são divididos de acordo com a reacção que provocam no organismo do indivíduo. Onde temos:

- **Irritantes-** são corrosivos que provocam irritações na pele e a sua concentração é factor muito mais importante que o tempo de exposição ao mesmo, afectando principalmente o sistema respiratório e os pulmões.
- **Asfixiantes-** exercem no organismo uma acção que interfere na oxidação dos tecidos. Podem ser divididos em asfixiantes simples, que são gases inertes que em sua acção abaixam a pressão necessária para manter a saturação do oxigénio no sangue, tornando o oxigénio no sangue insuficiente para que os tecidos tenham uma respiração normal, e os químicos, por sua vez através de uma reacção química impedem o transporte natural do oxigénio pelo sangue ou impedem a oxigenação normal dos tecidos mesmo o sangue estando bem oxigenado (MESQUITA. S. L. A,1997, pg. 31).
- **Narcóticos-** agem no organismo de modo a criar uma sensação anestésica, sem sérios efeitos sistémicos, e criam por meio de uma pressão parcial no sangue uma acção depressiva no sistema nervoso central (MESQUITA. S. L. A, 1997, pg. 32).
- **Sistémicos-** são agentes de natureza que atuam mais directamente sobre alguns órgãos, mas de maneira geral afectam o organismo como um todo.

- **IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS CAUSADAS PELA POLUIÇÃO INDUSTRIAL**

Segundo Macintyre (1990), a poluição em grandes proporções geradas por diversos tipos de indústrias e serviços pode gerar doenças graves, entre esses temos:

- Doenças no fígado;
- Doenças nos olhos e irritação;

- Enfisema pulmonar;
- Hipertensão arterial;
- Câncer de pele;
- Alteração da fertilidade no homem e na mulher;
- Dermatites;
- Doenças do sistema nervoso central.

- **Composição do ar**

Nos dias atuais milhões de pessoas trabalham e residem em edifícios que contam além dos sistemas naturais, com sistemas mecânicos de aquecimento, ventilação e condicionamento de ar. Esses sistemas são projectados para fornecer a seus ocupantes uma temperatura, humidade e uma pureza de ar adequada, tornando o recinto livre de concentrações perigosas de poluentes, desta forma criando um ambiente mais seguro para seus ocupantes.

Porém, quando se trata da composição do ar a que o homem está exposto, Mesquita (1977) nos traz uma divisão baseada em três condições, o ar externo, considerado seco; o ar interno, com índices 21°C, U.R> 50%, e o ar expirado, caracterizado por índices 36°C, U.R 100% como o autor demonstra na tabela a seguir:

Composição	Ar Externo (Seco)	Ar Interno (21°C, U. R> 50%)	Ar expirado (36°C, U. R.100%)
Gases inertes	79,00	78,00	75,00
Oxigénio	29,97	20,69	16,00
Vapor de água	0,00	1,25	5,00
Dióxido de carbono	0,03	0,06	4,00

Tabela 1: composição do ar. (Fonte: autor)

- **SISTEMAS DE VENTILAÇÃO**

Ventilação é o processo de retirar ou permitir entrada de ar em ambientes fechados ou abertos de

forma natural, como abrir uma porta ou janela, ou de forma mecânica através de algum mecanismo. O objectivo da ventilação é tornar a atmosfera do ambiente de trabalho limpa e controlada, de forma a permitir que o trabalhador tenha qualidade em seu ofício, mesmo convivendo com máquinas e equipamentos que poderiam causar doenças de saúde ocupacional.

Os ventiladores são turbo máquinas geratrizes ou operatrizes, também designadas como turbo dinâmicas, que se destinam a produzir o deslocamento de gases (MACINTYRE, 1990). Para Mesquita, Guimarães, Nefussi (1977), a função básica do ventilador é mover uma dada quantidade de ar por um sistema conectado a ele, assim o ventilador deve gerar uma pressão estática suficiente para vencer as perdas do sistema e uma pressão cinemática para manter o ar em movimento.

Macintyre (1990), classifica os ventiladores conforme o nível energético da pressão:

- Baixa pressão: até uma pressão efectiva de 200 Kgf/;
- Média pressão: para pressões de 200 a 800 Kgf/;
- Alta pressão: para pressões de 800 a 2.500 Kgf/;
- Muito alta pressão: para pressões de 2.500 a 10.000 Kgf.

• TIPO DOS SISTEMAS DE VENTILAÇÃO

A grande maioria das operações e processos industriais geram uma grande quantidade de vapores, gases, fumos metálicos e poeiras produzidas, que são contaminantes que possuem uma alta toxicidade, não podendo ser dispersos em um ambiente de trabalho afectando directamente os funcionários, e com isso gerando consequências em seus organismos (MACINTYRE, 1990).

Os sistemas são divididos em: Ventilação Geral, natural ou mecânica, que é aquela que ventila o ambiente como um todo, também conhecida como Ventilação Geral Diluidora (VGD), e a VLE que retira as substâncias emitidas directamente do local de geração, conduzindo-os para a atmosfera externa (Lisboa, 2007).

Ventilação natural: É uma estratégia essencial na arquitectura bioclimática. Esse processo retira e fornece o ar de um espaço externo para o interno de forma natural, sem a utilização de sistemas mecânicos. Essa troca de ar constante aumenta a qualidade do ar interno e torna o ambiente saudável e confortável.



figura 1: Ventilação natural (internet)

Ventilação geral: também chamada ventilação por Insuflamento que tem como objectivo dar energia cinética ao ar atmosférico para que ele seja introduzido ao ambiente por meio de dutos, grelhas e fendas. Com isso, torna-se o ambiente mais agradável para as pessoas por ter ar circulando.



figura 2: Ventilação geral (internet)

Ventilação Geral Diluidora: É um sistema de ventilação que utiliza equipamentos como exaustores e ventiladores industriais para renovar o ar do ambiente, diluindo os contaminantes presentes no ar, proporcionando uma renovação do ar independente das condições atmosféricas e

apresenta a vantagem de filtrar o ar externo e insuflar para o ambiente interno.

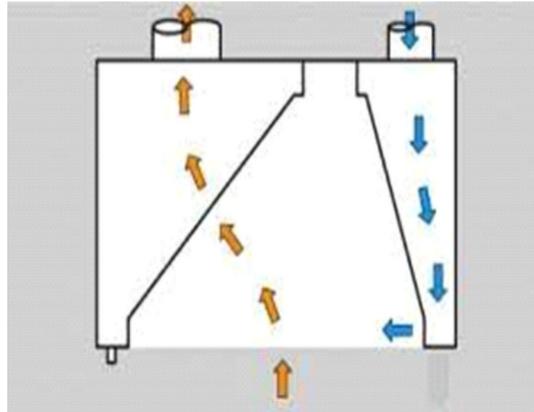


figura 3: Ventilação Geral Diluidora (internet)

Ventilação Local Exaustora: É um sistema de ventilação que utiliza equipamentos como ventiladores e dutos para remover o ar contaminado logo e imediatamente na sua liberação, impedindo que o mesmo se espalhe pelo ambiente. É utilizada principalmente em ambientes industriais onde o ar contaminado é gerado em grandes quantidades ou é difícil de diluir, como em máquinas ou equipamentos que produzem gases tóxicos ou poeiras.

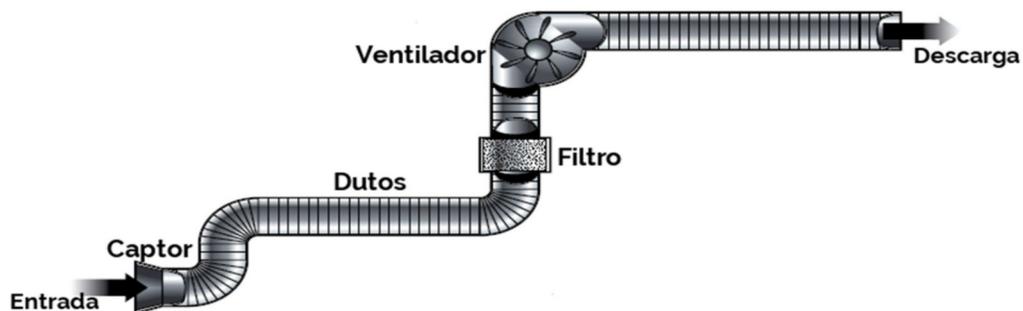


figura 4: Ventilação Local Exaustora (internet)

- **TIPOS DE EXAUSTORES**

Existem diversos tipos de exaustores, cada um projectado para atender às necessidades específicas de diferentes ambientes e equipamentos. Os exaustores têm por objectivo de eliminar o ar contaminado, mesmo assim, cada tipo é mais eficiente para uma finalidade. Vamos abordar

aqui 3 tipos de exaustores.

Exaustor eólico: Este tipo de exaustor não depende de electricidade para funcionar, ele opera exclusivamente com as correntes de ar. As correntes que passam por sua estrutura a fazem girar, permitindo realizar a exaustão daquele ambiente. Ele é instalado nos telhados, mas este modelo pode ser menos atractivo pela sua dependência do vento e baixa pressão. Entretanto, tudo vai depender do tipo de projecto de climatização que está sendo feito.



figura 5: Exaustor eólico (internet)

Exaustor centrífugo: Os exaustores centrífugos removem o ar quente de um local por meio de um rotor que, quando accionado, começa a captar o ar. Ele é melhor para realizar a exaustão direccionada, sendo mais eficiente quando posicionado para recolher os contaminantes directo da fonte.

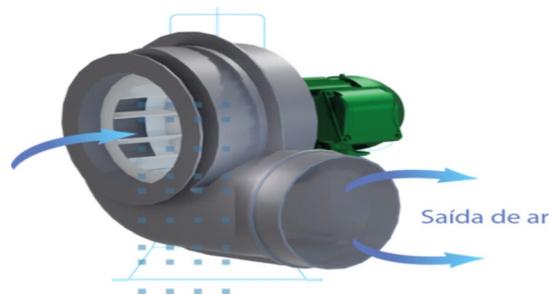


figura 6: Exaustor centrífugo (internet)

Exaustor axial: O exaustor ou ventilador axial industrial está entre os modelos mais comuns do mercado. Esse sistema de ventilação atende perfeitamente ao objectivo de gerar um fluxo de ar eficiente e contínuo. Pela sua versatilidade, pode ser aplicado nos mais diversos ambientes:

administrativo, pavilhões, sala de máquinas, entre outros.

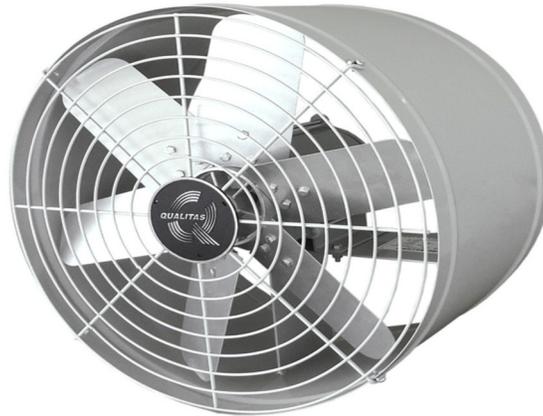


figura 7: Exaustor axial (internet)

- **Ventilação local exaustora**

Uma vez que capta os poluentes de uma fonte (gases, vapores ou poeiras tóxicas), antes que os mesmos se dispersem no ar do ambiente de trabalho.

De uma forma indirecta este tipo de sistema também influencia no bem-estar, na eficiência e na segurança do trabalhador, por exemplo retira do ambiente uma parte do calor liberado por fontes quentes que eventualmente existam. Além disso tem papel importante a fim de que os poluentes emitidos por uma fonte possam ser tratados em um equipamento de controle de poluentes (filtros, lavadores, etc.), eles têm que ser captados e conduzidos pelo sistema (MESQUITA, GUIMARÃES, NEFUSSI, 1977).

Captor

O captor de um sistema de ventilação local exaustora é um dispositivo que, colocado junto à fonte de contaminação, tem a finalidade de criar uma velocidade de captação (V_c), essa velocidade deve ser capaz de arrastar o contaminante para seu interior. A velocidade deve verificar-se até uma distância (x) da boca do captor, que limita a zona de captação, dentro da qual a velocidade é superior a V_c (COSTA, 2005).

As duas tabelas abaixo apresentam as velocidades de captura recomendadas pela ASHRAE,

respectivamente em função das condições de geração e da operação específica (COSTA, 2005), p.147.

Condição de geração	Exemplo	V_c (m/s)
Sem velocidade inicial no ar parado	Evaporação de tanque, soldas Desengraxamento, eletrodeposição	0,25 a 0,5
Geração no interior de cabines	Velocidade de abertura da cabine	0,25 a 1,0
Geração com velocidade inicial baixa	Cabines de pintura, misturadores, Enchimento de barris, escolha Transferência de transporte (<1m/s), Pesagens e embalagens	0,5 a 1,0
Geração ativa	Britadores, peneiras Limpeza de peças por trepidação Transferência de transporte (>1 m/s)	1,0 a 2,5
Geração com grande força	Esmerilhamento Jatos abrasivo	2,5 a 10,0

Tabela 2: Velocidade de captura em função das condições de geração (Fonte: Costa, 2005, p.147.)

Operação	V_c (m/s)	Observação
Jatos abrasivos	2,5 0,3 a 0,5	Em cabines Em salas
Enchimento de barris	0,4 a 0,5	No ponto de operação
Corte manual de granito	1,0	No ponto de operação
Esmerilhamento	1,0 a 2,0	Grelha de fluxo descendente
Pintura a pistola	0,5 a 1,0	Face da cabine
Solda de prata	0,5	Face de coifa
Solda elétrica	0,5 a 1,0	No ponto de operação

Tabela 3: Velocidade de captura em função da operação (Fonte: Costa, 2005, p.147.)

A tabela fornece os valores do coeficiente de forma do captor (K) e da vazão (Q) dos principais tipos de captores (COSTA, 2005), p. 149.

Tipo de captor	<i>k</i>	<i>Q</i> (m³/s)
Boca circular plana Boca retangular plana de H/L>0,1	$\frac{0,1 \cdot \Omega_0 + x^2}{0,1 \cdot \Omega_0}$	$\left(\Omega_0 + \frac{x^2}{0,1}\right) \cdot V_c$
Bocas circulares com flange de largura igual a D	$\frac{0,1 \cdot \Omega_0 + x^2}{0,133 \cdot \Omega_0}$	$\left(0,1\Omega_0 + \frac{x^2}{0,133}\right) \cdot V_c$
Fenda de H/L <0,1	$\frac{3,7 \cdot L}{\Omega_0}$	(3,7. L). V _c
Fenda de H/L < 0,1 com flange de largura igual a H	$\frac{2,8 \cdot L}{\Omega_0}$	(2,8. L). V _c
Coifas simples: Pequenas (1,2 m a 1,5 m)	$\frac{1,25 \cdot PH}{\Omega_0}$	1,25.P.H. V _c
Médias (1,5 m a 2,5 m)	$\frac{1,35 \cdot PH}{\Omega_0}$	1,35.P.H. V _c
Grandes (2,5 m a 5 m)	$\frac{1,45 \cdot PH}{\Omega_0}$	1,45.P.H. V _c

Tabela 4: Vazão do ar nos captores (Fonte: Costa, 2005, p. 149.)

A perda de energia devido a transformação de pressão resulta em uma diminuição de vazão que entra no duto, quando comparada com a vazão que entraria se não houvesse perdas. Essa queda de vazão é dada pelo coeficiente de entrada μ , que representa a relação entre a vazão real e a ideal (MESQUITA, GUIMARÃES, NEFUSSI,1977). A tabela 5 fornece os valores de λ (fator de atrito) e μ (coeficiente de entrada) para os diversos tipos de captores. Adaptado de Costa, 2005, p. 151.

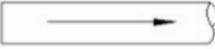
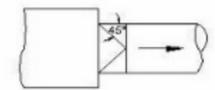
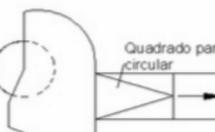
Tipo de captor	Descrição	λ	μ
	Extremidade plana de duto	0,93	0,72
	Extremidade de duto flangeado	0,49	0,82
	Boca bem arredondada	0,04	0,98
	Orifício de canto vivo	1,78	0,60
	Captor direto no duto	0,50	0,82
	Orifício mais duto flangeado (Corifício = C_{duto})	2,30	0,55
	Captor ligado ao duto por peça cônica: Circular Retangular	0,15 0,25	0,93 0,89
	Captor ligado ao duto por peça arredondada	0,06 - 0,10	0,97
	Captor cônico: Circular Retangular	0,15 0,25	0,93 0,89
	Câmara de gravidade	1,5	0,63
	Captor padrão de esmeril	0,65	0,78

Tabela 5: Coeficiente de atrito nos captores (Fonte: Costa, 2005, p. 151.)

Segundo o Macintyre, 1990, p.236. a distância adequada do captor até o ponto de operação conforme a vazão.

Distância x (m)	Duto simples Q (m³/s)	Duto com entrada flangeada ou cônica Q (m³/s)
0,152399	0,15810	0,11798
0,152399 a 0,2286	0,35631	0,26429
0,2286 a 0,3048	0,63004	0,4719

Tabela 6: Distância adequada conforme vazão (Fonte: Macintyre, 1990, p.236.)

Sistema de Dutos

Costa (2005), p. 154. Destaca um ponto importante em relação aos dutos do sistema de ventilação local exaustora, sempre que possível deve ter seção circular, para evitar arestas ou zonas de velocidade reduzida, que possibilitam a estagnação dos contaminantes. Podem ser classificados de acordo com o material contaminante a transportar, assim temos:

- Classe I: Materiais não abrasivos, como pinturas, serragens, etc.;
- Classe II: Materiais abrasivos em pequenas quantidades, como politizem, esmeris, etc.,
- Classe III: Materiais abrasivos em grande concentração, como britadores de rocha, jato de areia de granalha, etc.

A velocidade do ar nas canalizações de ventilação local exaustora deve ser suficiente para manter as partículas do contaminante em suspensão e ao mesmo tempo, deve transportá-las (COSTA, 2005). Lisboa (2007), destaca uma característica para os poluentes gasosos, a velocidade tem pouca importância uma vez que não ocorre a sedimentação na tubulação mesmo para velocidades baixas.

Material	c (m/s)
Vapores, gases, fumos, poeiras muito finas (< 0,05 µm)	10
Poeiras secas finas	15
Poeiras indústrias médias	17,5
Partículas grossas	17,5 a 22,5
Partículas grandes, material úmidos	> 22,5

Tabela 7: Velocidade de ar em dutos segundo ASHRAE. (Fonte: Costa, 2005, p. 154.)

Perda de Carga

A perda de carga representa a energia mecânica convertida em energia térmica por efeitos de atrito. É oriunda da resistência e de mudanças de direção do escoamento, com deslocamento da camada limite, tais perdas ocasionam uma diminuição no nível de pressão total (CLEZAR & NOGUEIRA, 1999).

A velocidade do duto influencia na perda de carga do sistema, ou seja, na energia requerida para o fluido percorrer o sistema de dutos. Quanto maior a velocidade maior será a perda de carga e maior a potência exigida do ventilador. Portanto, é conveniente que a velocidade fique próxima da velocidade de transporte recomendada (LISBOA, 2007).

Ao longo do duto de instalação da ventilação local exaustora, existem peças que contribuem para o aumento da perda de carga do sistema, em razão do atrito, das turbulências. As principais peças que contribuem para o aumento da perda de carga são: bocas de captação, curvas, cotovelos, joelhos e alargamento graduais ou expansões, reduções, filtros, entre outros (MACINTYRE, 1990). Os valores de coeficiente de atrito (λ) de curvas e joelhos adoptados no sistema de ventilação local exaustora estão apresentados na tabela seguinte. Costa, 2005, p.157.

R/D	0	0,5	0,75	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0
λ	0,87	0,73	0,38	0,26	0,17	0,15	0,14	0,14	0,16

Tabela 8: Coeficiente de atrito nas curvas das canalizações (Fonte: Costa, 2005, p.157.)

E também a tabela seguinte adoptado por Costa, 2005, p.107.

Acessórios	λ
Joelho de secção circular	0,87
Joelho de secção retangular	1,25
Com veias simples	0,35
Com veias duplas	0,10

Tabela 9: Coeficiente de atrito de acessórios (Fonte: Costa, 2005, p.107.)

Quando ocorre uma perda gradual de diâmetro, à medida que a energia cinética diminui, a energia de pressão aumenta, ocorre uma perda de carga que depende do ângulo (α) (MACINTYRE,1990). A tabela seguinte apresenta os valores do coeficiente de perda de carga em redução do diâmetro. Macintyre, 1990, p.143.

Ângulo (α)	λ
5°	0,28
10°	0,44
15°	0,58
20°	0,72
25°	0,87
30°	1,00
+ de 30°	1,00

Tabela 10: Coeficiente de atrito de redução do diâmetro (Fonte: Macintyre, 1990, p.143.)

- **FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DE VENTILAÇÃO INDUSTRIAL**

A funcionalidade de um sistema de ventilação industrial depende de alguns factores tais como o objectivo da implementação dos equipamentos, as características do espaço físico e, sobretudo, a legislação vigente no município onde a empresa está instalada. Sendo assim, este sistema utiliza ventiladores para movimentar o ar que Podem ser natural ou mecânico, além disso Pode ser usado para fornecer ou retirar ar.

- **IMPORTÂNCIA DA VENTILAÇÃO INDUSTRIAL**

A ventilação industrial é fundamental para a segurança do trabalho, pois remove substâncias nocivas aos trabalhadores. Além de trazer maior conforto térmico para o local, aumenta a produtividade e evita a disseminação de doenças, o sistema de ventilação industrial também ajuda na conservação de máquinas e equipamentos, além de reduzir os custos de investimento e operação.

- **VANTAGENS DO SISTEMA DE VENTILAÇÃO INDUSTRIAL**

São muitos benefícios associados à ventilação industrial devidamente projectada nos ambientes de produção. Entre as vantagens, estão: Maior conforto térmico; Aumento na produtividade; Diminuição dos custos; Redução na taxa de abstenção; Renovação do ar quente e contaminado dentro do ambiente; Previne acidentes por falta de atenção; Melhora a qualidade do ar em ambientes internos e garantindo a diluição de gases, odores e vapores.

- **FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DE EXAUSTÃO INDUSTRIAL**

O sistema de exaustão funciona através da captação e remoção de ar contaminado de um ambiente, levando-o para fora do local através de dutos e ventiladores. Esse ar é filtrado e tratado antes de ser liberado na atmosfera, garantindo que não haja impactos negativos para a saúde humana ou para o meio ambiente. Os componentes principais de um sistema de exaustão incluem exaustores, captosres, dutos e ciclones.

Captosres – são responsáveis por captar o foco de poluição e enviar aos dutos, devendo ser posicionadas estrategicamente para otimizar o processo. De acordo com Macintyre (1990), captor é a componente de entrada em um sistema de ventilação, tem seu funcionamento devido a uma diferença de pressão entre o ambiente e seu interior. Desta forma, estabelece uma corrente que atrai o material desejado para um interior (pg. 201), Mesquita (1977).

Dutos – são responsáveis por concentrar o ar quente e contaminado, e conduzi-lo aos exaustores, que por sua vez, o retiram do ambiente. Eles podem ser usados em conjunto com ventiladores industriais para promover uma circulação de ar mais eficiente.

Exaustores - são equipamentos que também funcionam sozinhos e, nesse caso, o funcionamento é um pouco diferente. Ele por si só não garante uma renovação tão boa quanto o conjunto inteiro, mas é suficiente para alguns casos. Quando esse equipamento está sozinho ele funciona pela troca de ar quente com o frio. Como o ar quente sobe, ele deve ser instalado nos lugares certos para promover a troca do ar quente de dentro com o frio de fora da melhor forma possível.

Ciclones - são equipamentos de controle de poluição, cujo princípio de funcionamento se baseia na actuação da força centrífuga. Após colectado, o ar contaminado deve ser tratado e depois

liberado na atmosfera, sem oferecer riscos à saúde de pessoas e danos ecológicos. Nesses colectores é criada uma força centrífuga com a intenção de separar os vários materiais que até eles são conduzidos através de uma força centrífuga, lançando as partículas mais densas em suas paredes separando-as assim do fluxo gasoso. Para que seja alcançado este resultado, faz-se com que o ar penetre tangencialmente a periferia da parte superior de um cilindro ou cone, de modo a criar um fluxo helicoidal descendente que, ao atingir a parte inferior de um cone, retorne como um fluxo helicoidal ascendente central até a boca de saída na parte superior do cilindro.

As forças centrífugas decorrentes desse movimento helicoidal projectam as partículas sólidas de encontro as paredes, de onde caem até o cone inferior, que as colecta e de onde são removidas (MACITYRE. J. A, 1990, pg306).

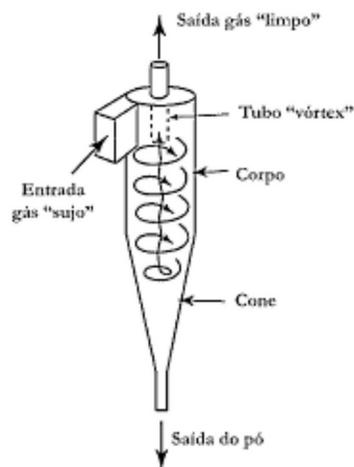


figura 8: Colectores centrífugos ou ciclones (internet)

- **IMPORTÂNCIA DOS EXAUSTORES PARA INDÚSTRIAS**

O sistema de exaustão desempenha um papel fundamental na manutenção da qualidade do ar em ambientes fechados, como cozinhas industriais, laboratórios, indústrias químicas e automotivos. Ele ajuda a prevenir a contaminação do ar por substâncias tóxicas, inflamáveis ou irritantes, garantindo a segurança e o bem-estar dos ocupantes do espaço.

Diversas indústrias geram resíduos, como vapores, gases, partículas e outros contaminantes que podem tornar o ambiente nocivo. Com os exaustores, a empresa está prezando pelo bem-estar de

seus trabalhadores e prevenindo doenças respiratórias.

Além disso, alguns sectores industriais trabalham com produtos que são perigosos, os quais se não forem retirados do ambiente podem oferecer sérios riscos à saúde. Com esse equipamento há retirada desses poluentes, odores incómodos e o ar quente.

Os exaustores ajudam a conservar as máquinas, diminuem a quantidade de fumos e regulam os gases, se o planeamento for bem feito. Quando combinado com outros equipamentos em um projecto de climatização, como a cortina de ar industrial, os resultados são ainda melhores.

- **VANTAGENS DO SISTEMA DE EXAUSTAO**

Aumento da qualidade do ar: com uma concentração menor de gases, vapores e partículas prejudiciais dentro do ambiente, ele fica mais e saudável;

Aumento da produtividade: com uma temperatura mais agradável, os trabalhadores se sentem mais dispostos e mal-estares decorrentes do calor ou ar contaminado são eliminados;

Prevenção de doenças respiratórias: com menos agentes nocivos circulando no ambiente, as chances de surgirem doenças respiratórias diminuem;

Conservação da maquinaria: como o ambiente está com temperaturas mais amenas, as máquinas da indústria não são avariadas por superaquecimento.

- **APLICACÃO DO SISTEMA DE EXAUSTÃO**

O sistema de exaustão é amplamente utilizado em diversos sectores da indústria, em ambientes comerciais e residenciais. Ele é essencial em cozinhas industriais, laboratórios de pesquisa, salões de beleza, garagens, fábricas, hospitais, entre outros. Cada aplicação requer um sistema de exaustão específico, dimensionado e projectado de acordo com as características do ambiente e as necessidades dos usuários.

CAPÍTULO 3

• CONTEXTUALIZAÇÃO DA INVESTIGAÇÃO

A exaustão industrial é um sistema que tem como objectivo remover partículas impuras e gases presentes em diversos ambientes industriais. O sistema de exaustão é fundamental para a gestão da qualidade do ar, controle de temperatura e remoção de poluentes em espaços de produção, fábricas e outros ambientes industriais.

Esse mecanismo será utilizado para filtrar poluentes para que se tenha uma destinação adequado ao meio externo. Então como o sistema de ventilação Industrial, o sistema de exaustão é voltado para renovação e purificação do ar dentro de ambientes fechados ou que precisam garantir um ar purificado para os trabalhadores. Além de garantir o conforto térmico, o exaustor Industrial ajuda a melhorar a qualidade do ar e evitar que os trabalhadores respirem resíduos contaminantes.

Nota-se que no processo de diluição se busca insuflar no recinto uma corrente de ar que se dilui com o contaminante e depois o destina para o exterior do ambiente a fim de evitar danos aos seus ocupantes. (MACINTYRE. J. A, 1990,pg.105). Em resumo, a escolha dos equipamentos e tecnologias adequadas, juntamente com a manutenção regular dos sistemas de exaustão industrial, é essencial para garantir a qualidade do ar em ambientes industriais e a saúde dos trabalhadores.

CAPÍTULO 4

• **METODOLOGIA DE RESOLUÇÃO DO PROBLEMA**

O projecto foi elaborado na fábrica da empresa TEMOC, Moçambique. A mesma é responsável pela fabricação de painéis electrónicos. O projecto tem por objectivo dimensionar um sistema de exaustão para a fábrica e buscar um destino correto para o material recolhido pelo sistema, diminuindo assim os riscos de contaminação provenientes do processo de fabricação para os trabalhadores bem como os residentes aos arredores da empresa.

• **Descrição da área de estudo**

O corrente trabalho é baseado nas actividades de uma empresa de médio porte com uma área total de 10x15m, a empresa localiza-se em Maputo, Distrito da Boane, no parque industrial de beleluane, onde a empresa actualmente conta com 60 (sessenta) operários de entre os quais 2 na automação, 18 estão na área de engenharia eléctrica, 20 na engenharia mecânica e os restantes 20 na manutenção industrial.

O edifício da empresa possui 2 portas (1 porta grande para entrada e saída e 1 porta média frontal), tem 3 janelas nas paredes da empresa, que contribuem para a ventilação do recinto dos escritórios na parte admirativa, com a parte operativa sem janelas.

Foi utilizado como base de dados de uma empresa do sector electromecânico na região sul de Maputo, as estações a serem estudadas apresentam dimensão total de 6 m por 15 m, com uma área de 90.

Dentre os equipamentos que mais contribuem para a carga de poluentes atmosféricos destacam-se exaustor. Desta forma, este equipamento será objecto do dimensionamento para o controle dos resíduos gerados.

• **SEQUÊNCIAMENTO DA PRODUÇÃO**

Com o sistema de exaustão a ser instalado, toda vez que o operador accionar uma máquina que gere resíduos, o mesmo deverá accionar o sistema de ventilação que terá por objectivo remover de forma eficiente todos os poluentes gerados no decorrer do processo. Onde temos as secções de

actividades realizadas no interior da fábrica desde o corte, soldagem, a pintura e a instalação das placas nas grelhas, que depois estarão guardados a espera de serem levantados.

- **DISPOSIÇÃO DO SISTEMA DE EXAUSTÃO**

Se observa a disposição dos dutos do sistema de exaustão proposto na figura 9. Sabendo que os pontos A,B,C,D,E,F representam captores.

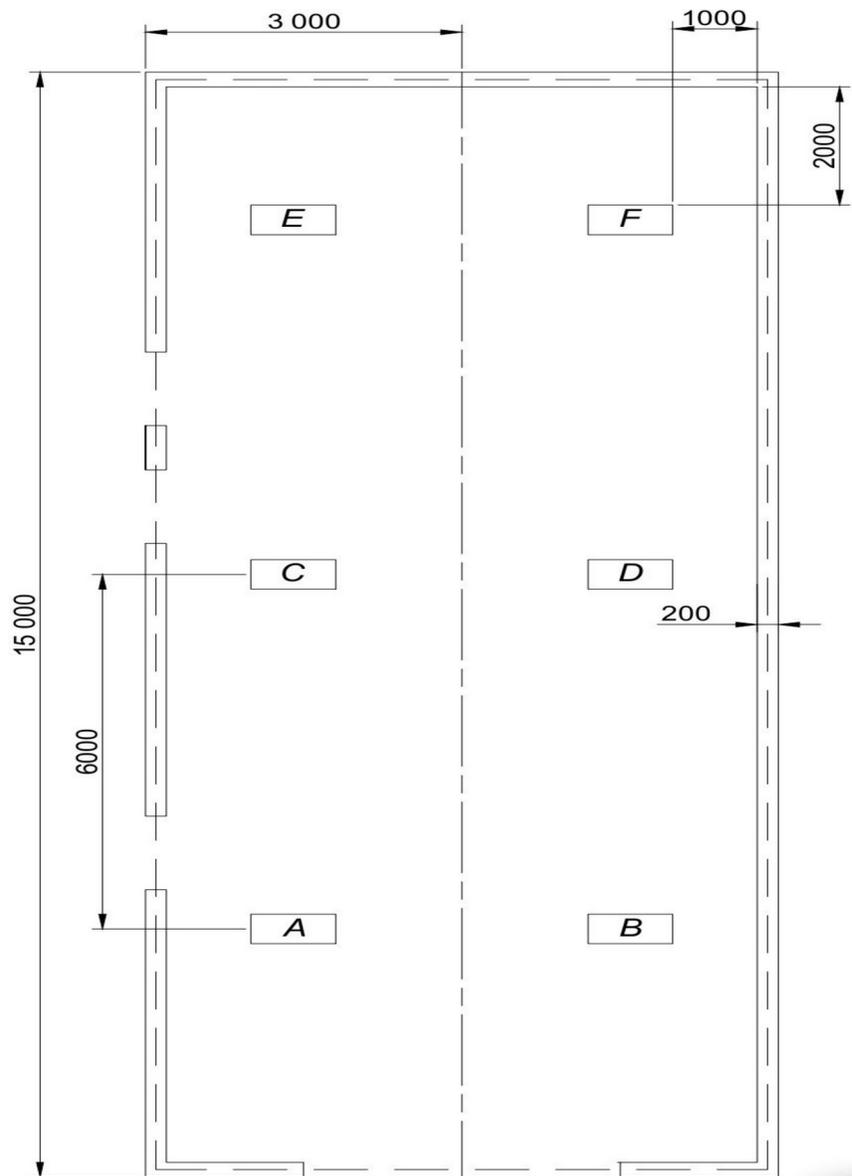


figura 9: Área de estudo de caso.(Fonte: autor)

- **DIMENSIONAMENTO**

A elaboração do dimensionamento do sistema de exaustão é do método proposto por Costa (2005), que consiste da aplicação de expressões matemáticas.

- **Determinação da vazão no captor**

Do princípio deve se determinar a vazão necessária de acordo com o tipo de boca que está sendo dimensionado. O processo segue com a utilização da equação da estimativa da vazão (Q) na Equação 1.

$$Q = k^* Vc^* \Omega_o \quad (1)$$

Onde:

Q = Vazão (/s);

k = Coeficiente de forma da boca do captor;

Ω_o = Área de colecta de contaminante ();

Vc = Velocidade de captura (m/s);

O coeficiente de forma da boca do captor foi determinado de acordo com o tipo de boca estabelecido na Equação 2.

$$(2)$$

Onde:

x = Distância do bocal ao ponto de captação (m);

K = Coeficiente de forma da boca do captor;

A partir do resultado da vazão em cada captor, foi determinado os dutos.

- **Determinação dos dutos**

Foi determinado a seção transversal do duto na Equação 3, e a partir desse valor foi determinado

o diâmetro do duto na Equação 4.

De acordo com Costa (2005), os materiais recomendados para a tubulação são alumínio ou aço galvanizado. Levando em consideração o custo do sistema optou se por utilizar aço galvanizado.

$$Q = A * c \quad (3)$$

Onde:

A = Seção transversal do duto ();

c = Velocidade do ar poluído com gases e vapores (m/s);

(4)

Onde:

D = Diâmetro (m);

π = Pi (3,14)

- **Determinação da perda de carga no sistema**

A perda de carga do sistema foi determinada pelas Equações 5 e 6, recomendadas pela ASHRAE. Por meio da Equação 5 determinou-se a perda de carga dos acessórios como captor, curvas, joelhos e saída do fluido.

$$\Delta P = \frac{1}{2} \rho V_r^2 \Sigma \lambda + \rho g h \quad (5)$$

Onde:

ΔP = Perda de carga (kgf/);

V_r = Velocidade real (m/s);

$\Sigma \lambda$ = Somatório do coeficiente de atrito;

g = Intensidade do campo gravitacional (9,81);

γ = Peso específico do ar (1,2 kgf/);

Por meio da Equação 6 foi determinado a perda de carga dos dutos do sistema em estudo.

(6)

Onde:

ΔP_{dutos} = Perda de carga da dutos (kgf/);

l = Comprimento da canalização (m);

- **Potência mecânica**

A potência mecânica da instalação foi determinada por meio da Equação 7.

(7)

Onde:

P_m = Potência mecânica (cv);

Δp_t = Perda de carga do sistema (kgf/);

η_t = Rendimento total;

Rendimento de uma máquina

O rendimento é um número adimensional (segundo as leis da termodinâmica, menor que a unidade, devido à dissipação) que expressa o grau de aproveitamento de um determinado processo e as perdas que o referido processo suporta.

Nas máquinas, o rendimento consiste na relação entre a energia que estas convertem em trabalho e a energia total que consomem para o efeito, sendo geralmente expresso em percentagem. Este rendimento, que nunca excede a unidade (os 100%), é da ordem de 10% a 15% para as máquinas a vapor e de 80% a 90% para os motores eléctricos.

$\eta =$ (8)

$$\eta t = \quad (9)$$

- **Ventilador**

O método de selecção do ventilador equivalente para o sistema é baseado de acordo com o tamanho do ventilador usando-se as leis dos ventiladores, e recorrendo aos resultados que podem ser mais rapidamente obtidos com base às tabelas ou curvas de selecção publicados pelos fabricantes dos ventiladores, normalmente baseadas em ar padrão.

OTAM (2015), determina o procedimento para a determinação do ventilador da seguinte forma:

Tendo em vista que a pressão total a ser fornecida pelo ventilador (P_t) é a somatória das perdas de carga nas linhas de exaustão (ΔP_e) e insuflamento (ΔP_i), temos:

$$P_t = \Delta P_e + \Delta P_i \quad (10)$$

Onde:

$$\Delta P_e = \Delta P$$

$$\Delta P_i = \Delta P_{\text{dutos}}$$

Sendo assim, com a definição dos parâmetros do sistema como perda de carga, vazão e pressão total, será possível determinar o ventilador que melhor se aplica à necessidade da empresa através de pesquisa em catálogos de fabricantes.

CAPÍTULO 5

• APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados do dimensionamento e o desenho da planta da instalação.

• Determinação da vazão no captor

Pela equação 2 foi determinado de acordo com o tipo de captor seleccionado que foi do tipo boca bem arredondada, pois apresenta baixo factor de atrito e alto coeficiente de entrada. Considerando a distância do captor até o ponto de operação de 0,3048m, conforme tabela 6.

$$K = 0,092$$

Por meio da equação 1 da estimativa da vazão (Q), considerando os dados iniciais para o dimensionamento, a velocidade de captura (0,5 m/s) conforme tabela 3 e área de captação (90).

$$Q = 4,14/s$$

A partir do resultado da vazão em cada captor, foi determinado o dimensionamento dos dutos.

• Determinação dos dutos

A Figura 10, representa o layout do sistema de exaustão do estudo, os pontos 5, 6, 7, 8, 9 e 10 representam os captores, o ponto 2, 3 e 4 representam os nós, o ponto 1 representa o ventilador, e o ponto 11 a saída do ar.

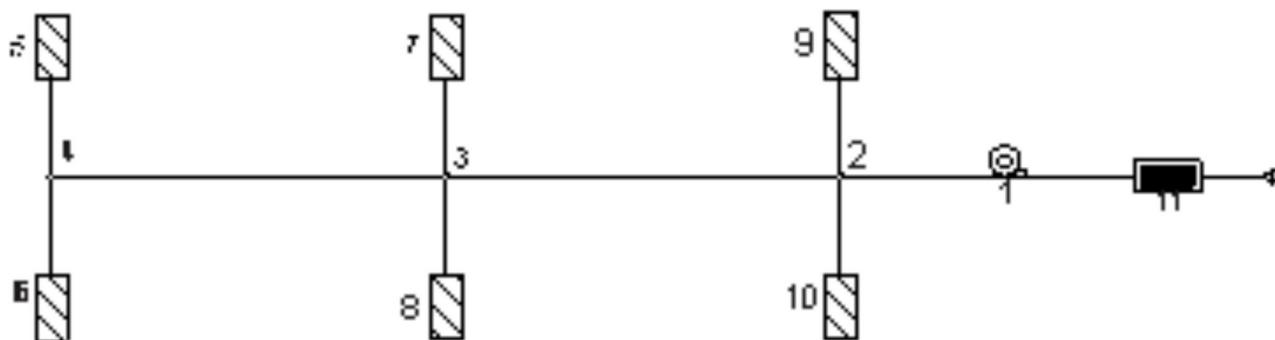


figura 10: layout do sistema de exaustão. (Fonte: autor)

A partir da determinação da vazão em cada bocal, foi determinado a velocidade máxima nos diversos trechos sendo que conforme a tabela 7 é 10 m/s. A partir da vazão em cada segmento foi determinado o diâmetro dos dutos por meio da equação 4, e posterior foi determinado no catálogo tubos Oliveira o diâmetro comercial, e com o diâmetro comercial foi calculado a velocidade real no duto. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 12.

Trecho	Q (l)	A (l)	D (m)	ΦC (m)	Vr (m/s)
1-11	20,7	2,07	1,623	1,50	10
1-2	16,56	1,656	1,452	1,50	10
2-3	12,42	1,242	1,257	1,20	10
3-4	8,28	0,828	1,027	1,00	10
2-9,2-10,3-8,3-7,4-5,4-6	4,14	0,414	0,726	0,75	10

Tabela 11: Resultados dos dutos no sistema de exaustão (Fonte: autor)

Onde:

ϕC = Diâmetro comercial (m), V_r = Velocidade real (m/s)

Após a aplicação dos cálculos de dimensionamento dos dutos, foi determinado as perdas de carga no sistema.

- **Determinação da perda de carga no sistema**

Por meio da equação 5 foi determinado a perda de carga do captor, curvas, joelhos, aumento de seção e saída do fluido, os valores estão apresentados na Tabela 13.

Foi considerado como dados iniciais de coeficiente de atrito 0,26 (Tabela 8) para cada curva, e que o sistema contém 6 curvas. Para cada joelho do sistema foi considerado um coeficiente de atrito de 0,58 (Tabela 9), totalizando 6 joelhos no sistema, foram consideradas 9 reduções de seção com coeficiente de atrito de 0,58 (Tabela 11), para o captor foi considerado um coeficiente de atrito de 0,04 (Tabela 5) e para a saída do fluido o coeficiente de atrito é 1,00 conforme sugerido por Costa (2005).

Elementos	(kgf/)	(pa)
-----------	--------	------

Captore	0,244	2,392
Curvas	9,541	93,56
Joelhos	21,28	208,68
Redução da secção	31,92	313,02
Saída	6,116	59,97
Total	69,101	677,62

Tabela 12: Resultado da perda de carga dos acessórios (Fonte: autor)

Por meio da equação 6 foi determinado a perda de carga dos dutos do sistema. Tendo como dados iniciais a vazão e o comprimento em cada segmento da tubulação conforme Tabela 14.

Segmento	Q()	L(m)
1-11	20,7	5
1-2	16,56	5,5
2-3	12,42	6
3-4	8,28	6
2-9,2-10,3-8,3-7,4-5,4-6	4,14	12

Tabela 13: Dados do sistema (Fonte: autor)

A Tabela 15 apresenta os resultados da perda de carga dos dutos do sistema.

Segmento	(kgf/)	(pa)
1-11	0,261	2,55
1-2	0,329	3,22
2-3	0,428	4,19
3-4	0,548	5,37
2-9,2-10,3-8,3-7,4-5,4-6	1,674	16,41
Total	3,24	31,74

Tabela 14: Resultados da perda de carga na canalização (Fonte: autor)

- **Potência mecânica**

A potência mecânica da instalação foi determinada por meio da equação 7. Tendo a perda de carga total do sistema (31,92 kgf/ Correspondente a 677,62 Pa) e um rendimento de 70% conforme indicado por Costa (2005).

$$P_m = 12,58 \text{ cv}$$

$$P_m = 9,25 \text{ kW}$$

Após a determinação da vazão total necessária, tipo de captor, dutos, perdas de carga no sistema, foi recomendado através de catálogos o ventilador adequado para o caso em estudo.

- **Ventilador**

Tendo dimensionado todos os componentes, é calculado, conforme Equação 10, a pressão total do sistema, obtendo um valor de $P_t = 72,341 \text{ kgf/m}^2$ e então a vazão convertida para /h que será igual a $Q = 14904 \text{ /h}$, assim pode se escolher a máquina de fluxo que melhor irá atendê-lo.

No Anexo A é apresentado a curva característica do ventilador centrífugo de LMS 900, de simples aspiração. A Tabela 15 apresenta os valores encontrados por meio do anexo A, a potência, a rotação e o rendimento.

Rotação	880rpm
Potência	5,8 cv ou 4,2 kW
Rendimento	75%

Tabela 15: Dados do ventilador (Fonte: OTAM, 2015.)

Dessa forma, o ventilador escolhido para o projecto foi o Ventilador Centrífugo Rotor Limit Load de simples aspiração, modelo LMS 900 ARR.1 CL.IV – 3100 rpm. Tal equipamento possui um rendimento de 75% e potência de 12,58 cv. Sua curva característica está apresentada no Anexo A.

- **Moldagem do sistema de exaustão**

A Figura 13 representa a vista do modelo do sistema de exaustão, sendo possível verificar o diâmetro da tubulação. E a representa a vista isométrica do sistema de exaustão, sendo possível visualizar o sistema no geral como os dutos, captores, ventilador, curvas e redução de seção.

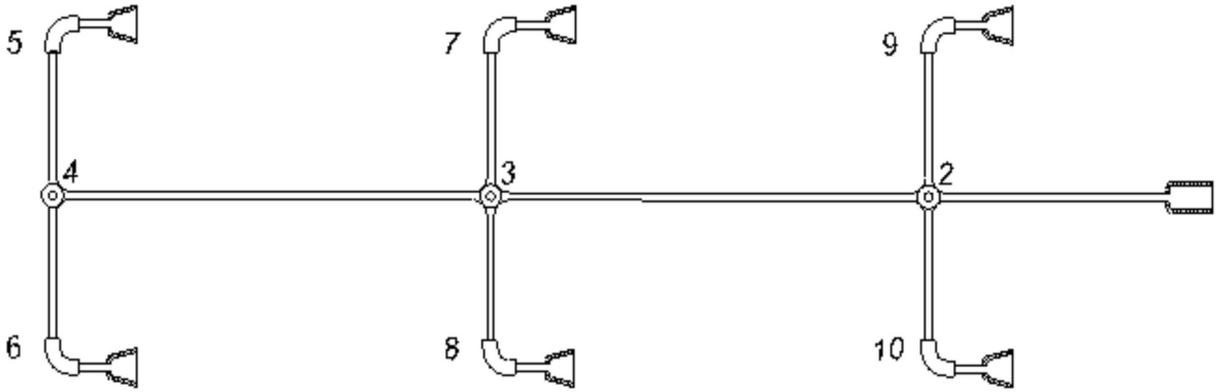


figura 11: disposição do modelo (Fonte: autor)

CAPITULO 6

• CONCLUSÃO

Tendo-se em vista a ideia inicial do dimensionamento, com o auxílio da bibliografia e pesquisa, desenvolveu-se o projecto sempre levando em consideração o melhor rendimento. Dessa forma conclui-se que os contaminantes têm riscos que podem causar danos materiais como humanos.

Os sistemas de exaustão contribuem para um ambiente de trabalho salubre, removendo os gases e fumos metálicos que são prejudiciais à saúde do operador. Deve-se ter em mente que este sistema funcione de maneira eficiente e é necessário fazer uma análise de todos os parâmetros envolvidos e cálculos detalhados.

Em seguida, foi determinado um ventilador que melhor atende o projecto, de modo que foi seleccionado o ventilador LMS 900 ARR.1 CL.IV – 3100 rpm com uma vazão de 14904 /h. Portanto, entende-se como atingidos os objectivos inicialmente propostos, de forma que o sistema provém mais segurança ao operador e demais colaboradores, garantindo a preservação da saúde dos mesmos, sem interferir na operação.

Sendo assim o sistema de exaustão é um sistema que acaba sendo o meio mais eficaz no controle da poluição, trazendo ao seus beneficiado uma melhor condição de trabalho e porque não dizer trazendo melhores condições de vida.

• RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se para trabalhos futuros:

- Troca dos filtros de captadores e das cofias, afinal depois de certo tempo afectará a integridade do sistema;
- Melhorar o sistema de alimentação de corrente do exaustor para redução de consumo de energia.

• CONSIDERAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para a complementação deste estudo, em trabalhos futuros sugere-se:

- Elaboração de orçamentos para a aquisição e instalação do sistema ventilação proposto;
- Elaboração de um estudo de viabilidade económica com base neste trabalho.
-

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

MACINTYURE, A. J. Ventilação industrial e Controle da Poluição. 2a edição, Editora LTC, Rio de Janeiro, 1990.

MESQUITA, A. L. S; GUIMARÃES, F. A.; NEFUSSI, N. Engenharia de ventilação industrial. 1a edição, 2ª reimpressão, Editora CETESB, São Paulo, 1988.

CLEZAR, C. A.; NOGUEIRA, A. C. R. Ventilação Industrial. 1ª Ed.. Florianópolis: Editora da UFSC,1999.

OLIVEIRA, Jair Medeiros De. Noções de ventilação Industrial. 2008. Disponível em: <http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TM120/VENTILACAO_INDUSTRIAL.pdf>. Acesso em: 14 jun 2020.

OTAM. Ventiladores centrífugos RFS/RFD. Disponível em: Acesso em: 01 Out. 2015 BEYER, P. O. Exaustão Local Industrial. Poligrafo. DEMEC, UFRGS. Porto Alegre, 2005.

DA COSTA, E. C. Ventilação. [S.l.] Blucher, 2005.

TUBOS, Oliveira. Catálogo de produtos. Disponível em:< <https://www.tubosoliveira.com.br/wp-content/uploads/2020/06/Cat%C3%A1logoTubos-Oliveira.pdf> > Acesso em: 26 ago. 2021. UEM/mecanica%20dos%20fluidos/Anexos.pdf.

INTERNET

<https://centrocor.pt/produto/ventilador-centrifugo-industrial-rv-230-unicraft/>

<https://pt.slideshare.net/poolshop/vazo-mxima-admissvel-em-tubulao-de-pvc>

<https://www.bing.com/search?>

[q=cat%C3%A1logo+tubos+Oliveira+o+di%C3%A2metro+comercial%2C+e+com+o+di%C3%A2metro+comercial](https://www.bing.com/search?q=cat%C3%A1logo+tubos+Oliveira+o+di%C3%A2metro+comercial%2C+e+com+o+di%C3%A2metro+comercial) HYPERLINK "https://www.bing.com/search?

[q=cat%C3%A1logo+tubos+Oliveira+o+di%C3%A2metro+comercial](https://www.bing.com/search?q=cat%C3%A1logo+tubos+Oliveira+o+di%C3%A2metro+comercial) HYPERLINK "https://www.bing.com/search?

[q=cat%C3%A1logo+tubos+Oliveira+o+di%C3%A2metro+comercial%2C+e+com+o+di%C3%A2metro+comercial&form=ANNTH1&refig=76DFC3E732E346A8ADA36454D2028158&pc=U531https://equipashow.com.br/ver2/como-dimensionar-sistemas-de-ventilacao-e-](https://www.bing.com/search?q=cat%C3%A1logo+tubos+Oliveira+o+di%C3%A2metro+comercial%2C+e+com+o+di%C3%A2metro+comercial&form=ANNTH1&refig=76DFC3E732E346A8ADA36454D2028158&pc=U531https://equipashow.com.br/ver2/como-dimensionar-sistemas-de-ventilacao-e-)

<https://equipashow.com.br/ver2/como-dimensionar-sistemas-de-ventilacao-e->

[tema+de+dutos&sc=852&sk=&cvid=0918B425539A4058A358756AE8991EBF&ghsh=0&ghacc=0&ghpl"sc=852](https://www.bing.com/search?q=m%C3%A9todo+de+balanceamento+est%C3%A1tico+do+sistema+de+dutos&sc=852&sk=&cvid=0918B425539A4058A358756AE8991EBF&ghsh=0&ghacc=0&ghpl) HYPERLINK "https://www.bing.com/search?q=m%C3%A9todo+de+balanceamento+est%C3%A1tico+do+sistema+de+dutos&qs=n&form=QBRE&sp=1&ghc=1&lq=0&pq=m%C3%A9todo+de+balanceamento+est%C3%A1tico+do+sistema+de+dutos&sc=852&sk=&cvid=0918B425539A4058A358756AE8991EBF&ghsh=0&ghacc=0&ghpl"& HYPERLINK "https://www.bing.com/search?q=m%C3%A9todo+de+balanceamento+est%C3%A1tico+do+sistema+de+dutos&qs=n&form=QBRE&sp=1&ghc=1&lq=0&pq=m%C3%A9todo+de+balanceamento+est%C3%A1tico+do+sistema+de+dutos&sc=852&sk=&cvid=0918B425539A4058A358756AE8991EBF&ghsh=0&ghacc=0&ghpl"sk= HYPERLINK "https://www.bing.com/search?q=m%C3%A9todo+de+balanceamento+est%C3%A1tico+do+sistema+de+dutos&qs=n&form=QBRE&sp=1&ghc=1&lq=0&pq=m%C3%A9todo+de+balanceamento+est%C3%A1tico+do+sistema+de+dutos&sc=852&sk=&cvid=0918B425539A4058A358756AE8991EBF&ghsh=0&ghacc=0&ghpl"& HYPERLINK "https://www.bing.com/search?q=m%C3%A9todo+de+balanceamento+est%C3%A1tico+do+sistema+de+dutos&qs=n&form=QBRE&sp=1&ghc=1&lq=0&pq=m%C3%A9todo+de+balanceamento+est%C3%A1tico+do+sistema+de+dutos&sc=852&sk=&cvid=0918B425539A4058A358756AE8991EBF&ghsh=0&ghacc=0&ghpl"ghsh=0 HYPERLINK "https://www.bing.com/search?q=m%C3%A9todo+de+balanceamento+est%C3%A1tico+do+sistema+de+dutos&qs=n&form=QBRE&sp=1&ghc=1&lq=0&pq=m%C3%A9todo+de+balanceamento+est%C3%A1tico+do+sistema+de+dutos&sc=852&sk=&cvid=0918B425539A4058A358756AE8991EBF&ghsh=0&ghacc=0&ghpl"& HYPERLINK "https://www.bing.com/search?q=m%C3%A9todo+de+balanceamento+est%C3%A1tico+do+sistema+de+dutos&qs=n&form=QBRE&sp=1&ghc=1&lq=0&pq=m%C3%A9todo+de+balanceamento+est%C3%A1tico+do+sistema+de+dutos&sc=852&sk=&cvid=0918B425539A4058A358756AE8991EBF&ghsh=0&ghacc=0&ghpl"ghacc=0 HYPERLINK "https://www.bing.com/search?q=m%C3%A9todo+de+balanceamento+est%C3%A1tico+do+sistema+de+dutos&qs=n&form=QBRE&sp=1&ghc=1&lq=0&pq=m%C3%A9todo+de+balanceamento+est%C3%A1tico+do+sistema+de+dutos&sc=852&sk=&cvid=0918B425539A4058A358756AE8991EBF&ghsh=0&ghacc=0&ghpl"& HYPERLINK "https://www.bing.com/search?

[q=m%C3%A9todo+de+balanceamento+est%C3%A1tico+do+sistema+de+dutos&qs=n&form=QBRE&sp=1&ghc=1&lq=0&pq=m%C3%A9todo+de+balanceamento+est%C3%A1tico+do+sistema+de+dutos&sc=852&sk=&cvid=0918B425539A4058A358756AE8991EBF&ghsh=0&ghac=0&ghpl"ghpl=](https://www.google.com/search?q=m%C3%A9todo+de+balanceamento+est%C3%A1tico+do+sistema+de+dutos&qs=n&form=QBRE&sp=1&ghc=1&lq=0&pq=m%C3%A9todo+de+balanceamento+est%C3%A1tico+do+sistema+de+dutos&sc=852&sk=&cvid=0918B425539A4058A358756AE8991EBF&ghsh=0&ghac=0&ghpl)

<https://www.scribd.com/document/402665646/Catalogo-ventiladores-centrifugos>

<https://brandt.ind.br/dimensionamento-do-sistema-de-exaustao-industrial-o-que-e-necessario-considerar/>

<https://www.tecnolatina.com.br/blog/sistema-de-exaustao-industrial>

<https://fillkplas.com.br/exaustao-industrial-o-que-e-como-funciona-e-suas-implicacoes-ambientais/>

ANEXO

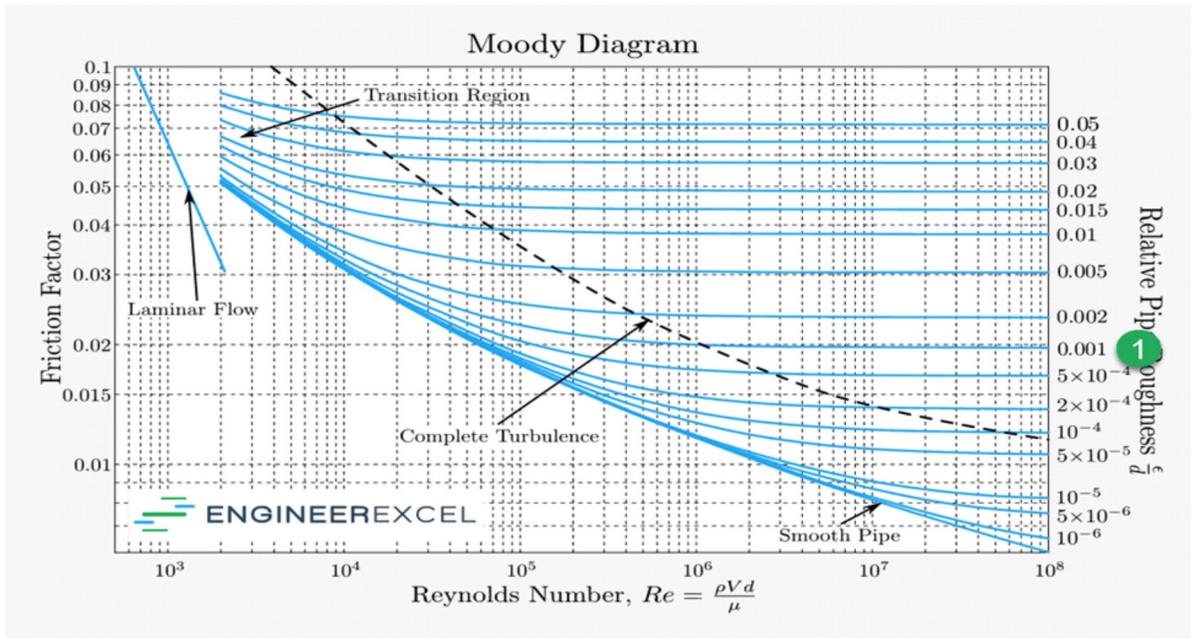
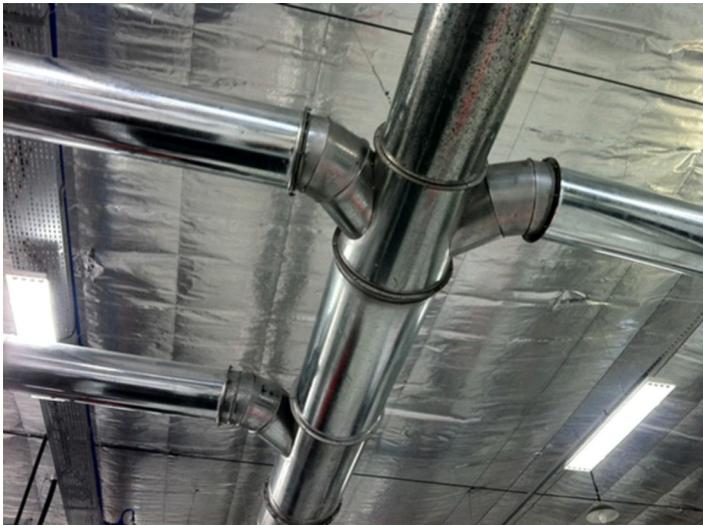


Grafico 1 : Diagrama de Moody



Tubulação /dutos

Velocidade de descarga - **vd** (m/s)
Pressão dinâmica - **Pd** (mmca)

Velocidade Periférica - **Vp**
Vazão de ar - **Q** (m³/h)

Potência absorvida máxima - **Pa**
Pressão total- **Pt**

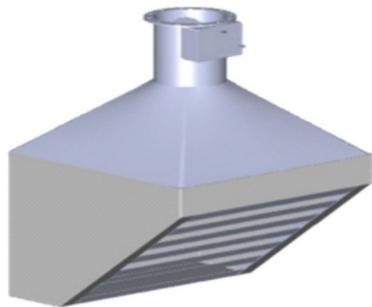
Fonte: OTAM (2021).

Desempenho

- Trabalha com ar ou gases limpos ou contaminados com pó fino;
- Atinge vazões de 300 a 300.000 m³/h;
- Atinge pressões estáticas de 20 a 800 mmca;
- Níveis de velocidade de vibração em operação inferiores a 6 mm/s.
- Atinge rendimento total de até 81%.

Temperatura (°C)	Massa específica ρ (kg/m ³)	Peso Específico γ (N/m ³)	Viscosidade dinâmica μ (Pa.s)	Viscosidade cinemática ν (m ² /s)
-40	1.514	14.85	1.51 x10 ⁻⁵	9.98 x10 ⁻⁶
-30	1.452	14.24	1.56 x10 ⁻⁵	1.08 x10 ⁻⁵
-20	1.394	13.67	1.62 x10 ⁻⁵	1.16 x10 ⁻⁵
-10	1.341	13.15	1.67 x10 ⁻⁵	1.24 x10 ⁻⁵
0	1.292	12.67	1.72 x10 ⁻⁵	1.33 x10 ⁻⁵
10	1.247	12.23	1.77 x10 ⁻⁵	1.42 x10 ⁻⁵
20	1.204	11.81	1.81 x10 ⁻⁵	1.51 x10 ⁻⁵
30	1.164	11.42	1.86 x10 ⁻⁵	1.60 x10 ⁻⁵
40	1.127	11.05	1.91 x10 ⁻⁵	1.69 x10 ⁻⁵
50	1.092	10.71	1.95 x10 ⁻⁵	1.79 x10 ⁻⁵
60	1.060	10.39	1.99 x10 ⁻⁵	1.89 x10 ⁻⁵
70	1.029	10.09	2.04 x10 ⁻⁵	1.99 x10 ⁻⁵
80	0.9995	9.802	2.09 x10 ⁻⁵	2.09 x10 ⁻⁵
90	0.9720	9.532	2.13 x10 ⁻⁵	2.19 x10 ⁻⁵
100	0.9459	9.277	2.17 x10 ⁻⁵	2.30 x10 ⁻⁵
110	0.9213	9.034	2.22 x10 ⁻⁵	2.40 x10 ⁻⁵
120	0.8978	8.805	2.26 x10 ⁻⁵	2.51 x10 ⁻⁵

Tabela A: Propriedades do ar a pressão atmosférica.



Captor



Exaustor



Cofia