

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CÂMPUS MEDIANEIRA  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

MACIEL FRANCISCO WOCHNER

**PROJETO DE VENTILAÇÃO LOCAL EXAUSTORA PARA A  
MARCENARIA DA ELETRÔNICA PW**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MEDIANEIRA

2014

MACIEL FRANCISCO WOCHNER

**PROJETO DE VENTILAÇÃO LOCAL EXAUSTORA PARA A  
MARCENARIA DA ELETRÔNICA PW**

Trabalho de Conclusão de Curso,  
apresentado como requisito parcial à  
obtenção de título de Tecnólogo em  
Manutenção Industrial, da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR,  
Campus Medianeira.

Orientador: Prof. Edilio Moacir Antonioli

MEDIANEIRA

2014



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
Câmpus Medianeira  
Diretoria de Graduação e Educação Profissional do  
Curso Superior de Tecnologia em Manutenção  
Industrial



## TERMO DE APROVAÇÃO

### PROJETO DE VENTILAÇÃO LOCAL EXAUSTORA PARA A MARCENARIA DA ELETRÔNICA PW

Por:

**Maciel Fancisco Wochner**

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado às 19:30 h do dia 24 de Julho de 2014, como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo no Curso Superior de Tecnologia em Manutenção Industrial, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Câmpus* Medianeira. O acadêmico foi argüido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. Edílio Moacir Antonioli  
UTFPR – *Câmpus* Medianeira  
(Orientador)

---

Prof. Me. Edilar Bento Antonioli  
UTFPR – *Câmpus* Medianeira  
(Convidado)

---

Prof. Me. Paulo Roberto Dulnik  
UTFPR – *Câmpus* Medianeira  
(Convidado)

---

Prof. Me. Paulo Job Brenneisen  
UTFPR – *Câmpus* Medianeira  
(Responsável pelas atividades de TCC)

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, minha fonte de inspiração e força, pela vida, pela família, pela saúde e tudo mais que Ele me proporciona;

À minha família, em especial aos meus pais, que sempre me serviram de modelo de honestidade e compreensão;

A minha namorada pela paciência e apoio;

Aos professores que aceitaram estar em minha banca, pela leitura atenta e enriquecedora que fizeram do meu trabalho;

Enfim a todos que fizeram parte desta fase da minha vida:

Muito obrigado a todos!

## RESUMO

WOCHNER, Maciel F. Sistema de Ventilação Industrial local Exaustora da Marcenaria da Eletrônica PW. 2014. 48 paginas. Trabalho de Conclusão de Curso( Curso Superior de Tecnologia em Manutenção Industrial) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2014.

Sendo a ventilação industrial a principal medida de controle efetivo para ambientes de trabalho prejudiciais ao ser humano, esse estudo teve como principal objetivo a realização de um projeto de ventilação eficaz, a fim de dispersar contaminantes no ambiente industrial, bem como diluir concentrações de gases e vapores, dando-lhes destino adequado, além de promover conforto térmico ao homem. A fim de estabelecer melhores condições de trabalho e dispersão adequada de resíduos da marcenaria da Eletrônica Wochner, desenvolveu-se o projeto de Ventilação Local Exaustora (VLE). Sendo que o controle adequado da poluição do ar, começa com uma adequada ventilação das operações e processos industriais seguindo da escolha adequada dos poluentes. Na empresa citada foi realizado o dimensionamento de tubulações, pás e um motor, além da instalação de filtros adequados. Além disso, o trabalho apresenta os cálculos necessários para tal dimensionamento. Finalmente, o trabalho traz como resultado uma melhora significativa na higiene do ambiente de trabalho com relação a poeiras e gases.

**Palavra-chave:** Ventilação. Qualidade no ambiente de trabalho.

## ABSTRACT

WOCHNER, Maciel F. Local System of Industrial Ventilation Exhsaution of PW Electronics Joinery. 2014. 48 pages. Completion of Course Work – Paraná's Technological University. Medianeira, 2014.

With the industrial ventilation been the main measure for effective control of harmful work environments to humans, this study aimed to the realization of an effective ventilation project to disperse contaminants in the industrial environment, and dilute concentrations of gases and vapors, giving them their proper destination, and promoting technical comfort to human being. In order to establish better working conditions and adequate waste dispersion of joinery at Wochner's Electronics, developed the project of Local Ventilation Exhsaution (LVE). Since adequate control of air pollution, begins with proper ventilation of industrial processes and operations following the proper choice of pollutants. In the quoted company was realized the sizing of pipes, shovels and an engine was made, plus the installation of appropriate filters. Furthermore, the work presents the calculations required for such scaling. Finally, the work brings results in a significant improvement in the hygiene of the workplace in relation to dust and gases, in addition to proper disposal of impurities.

**Keyword:** Ventilation. Workplace's quality.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Sistema de Ventilação Local Diluidora .....	18
Figura 2: Sistema de Ventilação Local Exaustora .....	19
Figura 3: Funcionamento de um Ciclone.....	24
Figura 4: Fluxograma do Processo .....	25
Figura 5: Layout da Marcenaria.....	26
Figura 6: Isométrico dos Dutos.....	27
Figura 7: Diagrama de Moody .....	29
Figura 8: Peso Especifico $\gamma$ e Viscosidade Cinética $\nu$ do Ar.....	30
Figura 9: Perda de Carga em Peças Especiais .....	33
Figura 10: Medidas do Ciclone .....	34
Figura 11: Ventilador Centrifugo com Pás para Trás, Saída Radial .....	40
Figura 12: Rotor .....	43
Figura 13: Angulo de Inclinação das Pás .....	44
Figura 14: Angulo Usado para Construção e Pás .....	44
Figura 15: Diâmetro da Boca de Saída do Caracol .....	45
Figura 16: Construção do Caracol e caracol concluído visão frontal e lateral .....	46

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Composição do Ar .....	13
Tabela 2: Fator Multiplicativo para o Ciclone Padrão Tipo A.....	34
Tabela 3: Dados Iniciais de Cada Máquina .....	36
Tabela 4: Dimensionamento dos Dutos .....	36
Tabela 5: Perda de Carga nos Dutos .....	37
Tabela 6: Perda de Carga nos Captores .....	37
Tabela 7: Perda de Carga nas Curvas .....	38
Tabela 8: Perda de Carga nas Junções .....	38
Tabela 9: Dimensionamento do Ciclone.....	39
Tabela 10: Perda de Carga no Ciclone .....	39
Tabela 11: Dimensionamento do Rotor, Preção.....	41
Tabela 12; Dimensionamento do Rotor, Vazão.....	41



# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>11</b>
2.1 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CAIXAS ACÚSTICAS .....	11
2.2 PUREZA DO AR .....	12
2.3 EFEITOS TOXICOLÓGICOS .....	13
2.3.1 Penetração Através da Pele .....	14
2.3.2 Penetração Através do Trato Digestivo .....	14
2.3.3 Penetração Aparelho Respiratório .....	14
2.4 CLASSIFICAÇÃO DOS AGENTES TÓXICOS .....	15
2.4.1 Irritantes .....	15
2.4.2 Asfixiantes .....	15
2.4.3 Narcóticos .....	16
2.4.4 Tóxicos sistêmicos .....	16
2.5 SISTEMAS DE VENTILAÇÃO .....	16
2.6 CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS DE VENTILAÇÃO .....	17
2.6.1 Sistema de Ventilação Geral .....	17
2.6.1.1 Sistema de ventilação para conforto e eficiência .....	17
2.6.1.2 Sistema de ventilação visando saúde e segurança .....	18
2.6.2 Sistema de Ventilação Local Exautora .....	18
2.6.2.1 Captor .....	20
2.6.2.2 Dutos para a condução do ar .....	20
2.6.2.3 Ventiladores .....	22
2.6.2.4 Coletores centrífugos – ciclones .....	23
<b>3 PROCESSO A SER EXECUTADO</b> .....	<b>25</b>
3.1 MATERIAIS E MÉTODOS .....	25
3.2 DISPOSIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DA ELETRÔNICA WOCHNER .....	26
3.3 ISOMÉTRICO DO SISTEMA DE VENTILAÇÃO LOCAL EXAUSTORA .....	27
3.4 DIMENSIONAMENTO DOS DUTOS PARA CONDUÇÃO DO AR .....	28
3.4.1 Perda de Carga nos Dutos .....	29
3.4.2 Perda de carga nos captores .....	31
3.4.3 Perda de Carga nas Curvas .....	31
3.4.4 Perda de Carga nas Junções .....	32
3.4.5 Dimensionamento Do Ciclone .....	33
3.4.6 Perda de Carga no Ciclone .....	35
<b>4 RESULTADO DO SISTEMA</b> .....	<b>36</b>
4.1 DADOS INICIAIS DE MÁQUINA .....	36
4.2 DIMENSIONAMENTO DOS DUTOS .....	36
4.2.1 Perda de Carga Nos Dutos .....	37
4.3 PERDA DE CARGA NOS CAPTORES .....	37
4.4 PERDA DE CARGA NAS CURVAS .....	38
4.5 PERDA DE CARGA NAS JUNÇÕES .....	38
4.6 DIMENSIONAMENTO DO COLETOR CENTRÍFUGO (Ciclone) .....	39
4.6.1 Perda de Carga no Ciclone .....	39
4.7 DIMENSIONAMENTO DO VENTILADOR .....	40
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	<b>47</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>48</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As indústrias, no desenvolvimento das suas atividades, geram resíduos que não sendo recolhidos e tratados colocam em risco a saúde de seus trabalhadores bem como podem provocar defeitos em máquinas e equipamentos.

No processo de fabricação de caixas acústicas fica visível a necessidade de recolha, pois no desenvolvimento das atividades de fabricação são gerados muitos resíduos derivados do corte, aplainamento e lixamento da principal matéria prima, o MDF<sup>1</sup>. O ambiente da fabricação de caixas acústicas, devido a alta quantidade de poeira e outros resíduos, pode levar o indivíduo a desenvolver algum tipo de alergia, irritação, ou até mesmo sofrer envenenamento rápido ou gradual, que pode tornar-se crônico. A fim de resolver essa questão as indústrias, além de providenciar equipamentos de proteção individual, podem desenvolver um sistema de ventilação.

Entendida basicamente como o processo de deslocar o ar, a ventilação industrial tem como principal objetivo retirar ou fornecer ar a um determinado ambiente, a fim de controlar a temperatura, umidade e pureza do ar em um ambiente considerado fechado. Esse deslocamento pode ser realizado por meio de dois processos básicos: Ventilação Geral<sup>2</sup> e Ventilação Local Exaustora<sup>3</sup>.

O presente trabalho consiste na criação de um sistema de ventilação na Eletrônica PW, a partir de um layout da marcenaria, com base no posicionamento de cada máquina que o sistema irá abranger, calcular o comprimento de cada trecho da tubulação, incluindo suas curvas e derivações. Levando em consideração vazão volumétrica de cada máquina, calcular a vazão e o diâmetro de cada trecho das tubulações.

---

<sup>1</sup> MDF (Medium Density Fiberboard) “é um painel de fibra de madeira sendo sua composição homogênea em todas as suas superfícies como em seu interior”. (<http://www.montagge.com.br/mdf.htm>).

<sup>2</sup> É o processo de movimentar o ar em um ambiente, podendo ser de forma natural ou mecânica.

<sup>3</sup> Utiliza-se de equipamentos a fim de captar o poluente direto de sua fonte geradora e transportá-lo através de tubulações até seu destino.

Com os diâmetros de cada trecho e a vazão calculados, e todos os dados referentes, calcular a perda de carga dos trechos retos, das curvas e bifurcações.

A próxima perda de carga a ser calculada é a dos captosres, parte crucial do sistema, pois fazem a ligação das tubulações com as máquinas.

Após o dimensionamento das tubulações, se dá início o dimensionamento do ventilador, baseado na perda de carga total do sistema, a fim de calcular a necessidade exata de potência do mesmo. Após esse processo, por fim, para calcular e dimensionar o ciclone é necessário ter em mãos a vazão volumétrica total do sistema, todo o processo de dimensionamento será executado levando em conta todas as variáveis para uma possível implantação.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A seguir são apresentados alguns dos principais conceitos e fundamentações teóricas, bem como a especificação dos principais equipamentos técnicos utilizados na execução deste trabalho.

### 2.1 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CAIXAS ACÚSTICAS

Nesse processo é notável o potencial de poluição decorrente, pois essa atividade é geradora de resíduos líquidos, sólidos e atmosféricos. Nesses casos, a ventilação industrial vem se tornando peça essencial no controle da poluição do ar. Para se desenvolver um controle adequado, inicia-se desenvolvimento de um projeto capaz de captar ou dissolver esses poluentes, promovendo assim um o conforto ocupacional dos indivíduos expostos ao ambiente de trabalho.

Entretanto a complexa mescla de resíduos, em diferentes quantidades e tamanhos, como poeiras (constituídas por partículas sólidas, resultantes do corte de madeira) e névoas (constituídos de partículas líquidas, resultantes de pinturas), tal como o distinto grau de contaminação proveniente dessa atividade, representam um grande obstáculo no desenvolvimento do projeto (MESQUITA. S. L. A, 1977, pg. 91).

O autor (MESQUITA. S. L. A, 1977, pg.30) ainda ressalta elementos das substâncias que devem ser levados em consideração quando se trata da avaliação dos riscos à saúde ao trabalhador:

- Toxicidade;
- Propriedade física;
- Probabilidade de absorção pelo indivíduo;
- A extensão e a intensidade de exposição;
- Medidas de controle;

## 2.2 PUREZA 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 projetados para fornecer a seus ocupantes uma temperatura, umidade 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. É de sabedoria de todos que, em um ambiente que possui a qualidade do ar pobre pode afetar de forma negativa o desempenho de seus ocupantes. Portanto é importante a manutenção de bons parâmetros de qualidade do ar por meio de um adequado projeto de ventilação para este ambiente (CARMO. T. A, PRADO. A T. R, pg. 6 e 7).

Nas últimas três décadas, o melhor conhecimento das origens, comportamento e composição desses poluentes tornou-se ponto crucial no combate a esse inimigo da saúde pública. Uma vez que a exposição à poluição,

...é um evento que consiste na relação entre o homem e o ambiente, dada uma concentração específica de poluente ambiental em um intervalo de tempo determinado. As unidades para expressar a exposição são a concentração multiplicada pelo tempo. Portanto, o conceito incorpora tanto a concentração quanto o tempo de duração do contato (CASTRO. A. H, GOLVEIA. N, ESCAMILLA-CEJUDO. A. J, pg.8).

Sendo assim, a convivência dos seres vivos, em especial o homem, com a poluição traz consigo grandes malefícios a saúde dos mesmos. Os efeitos desta exposição têm sido marcantes e plurais quanto a sua abrangência, mobilizando assim esforços e recursos tecnológicos diversos para seu combate. (BRAGA. A, PEREIRA. A. A. L, SALDIVA. N. H. P, pg. 13).

Segundo Macintyre (1990), o ar, mesmo sendo considerado puro, contém em pequenas quantidades substâncias poluentes. Porém, o que define se ele é ou não prejudicial à saúde humana é a quantidade dos mesmos.

De acordo com o mesmo não existe a pretensão de se alcançar a purificação total do ar, mas sim atingir níveis de pureza que não ofereçam risco saúde e ecologia nem a médio ou a logo prazo (MACINTYURE. J. A, 1990 ,pg.5, pg.10).

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:

**Tabela 1: Composição do Ar**

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
Oxigênio	29,97	20,69	16,00
Vapor d'água	0,00	1,25	5,00
Dióxido de carbono	0,03	0,06	4,00

**Fonte: (Mesquita. S. L. A, 1977, pg. 11)**

Segundo Mesquita (1977) as vias naturais de penetração dos agentes tóxicos em nosso organismo, naturalmente retardam a ação dos contaminantes no mesmo, tornando a contaminação instantânea, somente quando ocorrer diretamente com a corrente sanguínea (pg. 42).

### 2.3 EFEITOS TOXICOLÓGICOS

As vias respiratórias se tratam da via mais importante pela qual os agentes tóxicos dão entrada no organismo. Porém, os agentes tóxicos dão entrada no organismo também através da pele e trato digestivo. Sendo assim podemos afirmar que a grande maioria das intoxicações se ocasiona pelo fato de respirarem substâncias tóxicas contidas no ar (MESQUITA. S. L. A, 1977, pg45).

Essa ingestão com substâncias tóxicas ocorre praticamente de forma invisível, porém cada uma delas tem seu efeito. Conforme segue:

### 2.3.1 Penetração Através da Pele

Sendo a pele o maior órgão do corpo humano, representando 1/15 do seu peso, se trata de uma camada que representa a primeira linha de defesa do organismo, resistente a água, aos ácidos diluídos, a raios ultravioleta e a danos físicos. Podendo, no entanto, ser danificada (MESQUITA. S. L. A, 1977, pg42, MACINTYURE. J. A, 1990, pg.21).

### 2.3.2 Penetração Através do Trato Digestivo

Este tipo de contaminação por sua vez é a menos freqüente. Tendo em vista que para chegar ao trato digestivo é necessário que o contaminante seja ingerido.

Quando chegam ao estômago estas substâncias entram em contato com fluídos corporais ali existentes, desta maneira somente são absorvidas as parcialmente solúveis em água. Essa absorção esta diretamente ligada com a quantidade de alimento que o indivíduo possui no estomago podendo ser de forma rápida ou mais lenta.

Neste sentido somente substâncias que são consideradas altamente tóxicas causam preocupação neste sentido (MESQUITA. S. L. A, 1977, pg44).

### 2.3.3 Penetração Aparelho Respiratório

Segundo Mesquita (1977) a função da respiração é levar o oxigênio atmosférico para os tecidos

e renovar através da mesma o dióxido de carbono resultante da oxidação das células. Dessa forma, ele se torna o grande responsável pela maioria das intoxicações, que se dão pelo fato de se respirar partículas tóxicas contidas no ar. Sendo assim o trato respiratório é a via mais importante pela qual os agentes dão entrada no organismo (pg. 45).

O tipo de reação que cada agente tóxico provoca no organismo depende principalmente da sua concentração, criando assim necessidade de classificação dos mesmos (MESQUITA. S. L. A, 1997, pg. 31).

## 2.4 CLASSIFICAÇÃO DOS AGENTES TÓXICOS

Os agentes tóxicos são divididos de acordo com a reação que provocam no organismo do indivíduo.

### 2.4.1 Irritantes

São corrosivos e provocam irritações na pele, sua concentração é fator muito mais importante que o tempo de exposição ao mesmo, afetando principalmente o trato respiratório e os pulmões (MESQUITA. S. L. A, 1997, pg. 31).

### 2.4.2 Asfixiantes

Exercem no organismo uma ação que interfere na oxidação dos tecidos. Podem ser divididos em asfixiantes simples, que são gases inertes que em sua ação abaixam a pressão necessária para manter a saturação do oxigênio no sangue, tornando o oxigênio no sangue insuficiente para que os tecidos tenham uma respiração normal, os químicos, por sua vez através de uma reação química



impedem o transporte natural do oxigênio pelo sangue ou impedem a oxigenação normal dos tecidos mesmo o sangue estando bem oxigenado (MESQUITA. S. L. A, 1997, pg. 31).

#### 2.4.3 Narcóticos

Agem no organismo de modo a criar uma sensação anestésica, sem sérios efeitos sistêmicos, cria por meio de uma pressão parcial no sangue um ação depressiva no sistema nervoso central (MESQUITA. S. L. A, 1997, pg. 32).

#### 2.4.4 Tóxicos sistêmicos

São agentes de natureza tal, que atuam mais diretamente sobre alguns órgãos, mas de maneira geral afetam o organismo como um todo (MACINTYURE. J. A, 1990, pg.15).

### 2.5 SISTEMAS DE VENTILAÇÃO

Segundo Macintyre (1990) a ventilação industrial é basicamente entendida como a operação realizada por meios mecânicos visando controlar a temperatura, umidade e a pureza do ar em um determinado recinto.

Deve se ressaltar também que a ventilação industrial não visa apenas manter condições favoráveis aos indivíduos dentro da indústria, mais sim evitar que contaminantes sejam dispersos e prejudiquem a saúde das vizinhanças e até mesmo de lugares relativamente distantes, tendo então como outra prioridade darem a estes contaminantes um destino adequado (pg.1).

Os sistemas de ventilação são sumariamente divididos em sistema de ventilação geral e sistema de ventilação local exautora, cabendo ao engenheiro estar apto para estabelecer medidas de controle a fim de diminuir a intensidade ou a quantidade dos agentes nocivos no ambiente, não existindo regras pré-estabelecidas para este controle ( MESQUITA. S. L. A, 1997, pg. 04).

## 2.6 CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS DE VENTILAÇÃO

### 2.6.1 Sistema de Ventilação Geral

A ventilação geral consiste na movimentação de quantidades relativamente grandes de ar através de espaços confinados, com a finalidade de melhorar as condições do ambiente graças ao controle da temperatura, da distribuição e da pureza do ar e, em certos casos, também da umidade. (MACINTYRE. J. A, 1990, pg.37).

Podendo este deslocamento de ar ser feito de forma natural por meio de portas, janelas, etc. Ou ser feito por meios mecânicos insuflando ar para o recinto ou o retirando, podendo também existir as duas formas combinadas tendo a mesma finalidade. (MACINTYRE. J. A, 1990, pg.2).

A ventilação geral costuma ser dividida em:

#### 2.6.1.1 Sistema de ventilação para conforto e eficiência

Segundo Macintyre (1990) é o sistema de ventilação criado a fim de restabelecer condições desejáveis do ar, sendo elas alteradas por intervenção humana, de super aquecimento ou resfriamento de maquinários, ou até mesmo condições climáticas (pg.37).

### 2.6.1.2 Sistema de ventilação visando saúde e segurança

De acordo com Macintyre (1990), quando não é possível capturar o contaminante direto na sua fonte geradora, busca-se controlar a concentração dos mesmos através da diluição, que pode ser realizada através de meios naturais ou mecânicos, como demonstra a figura a seguir:



**Figura 1: Sistema de Ventilação Local Diluidora**  
Fonte: [www.ebah.com.br](http://www.ebah.com.br)

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).

### 2.6.2 Sistema de Ventilação Local Exautora

Em um ambiente industrial existem poluentes com uma taxa de contaminação tal, que necessitam ser coletados direto de sua fonte geradora, evitando que os mesmos se dispersem no ambiente, este é o objetivo da ventilação local exautora (MACINTYRE. J. A, 1990, pg.199).

Segundo Mesquita (1977) esse sistema também é um importante mecanismo na proteção da saúde do trabalhador pois se trata de um processo em que o contaminante é coletado e direcionado para um dispositivo com a função de tratamento dos mesmos antes que atinjam a zona de respiração do trabalhador. (pg.189).

Ainda segundo Mesquita (1977, pg. 199) um sistema de ventilação local exaustora tem em sua constituição básica:

- Captor: ponto de entrada do sistema responsável por captar o poluente na sua fonte;
- Sistema de dutos: são os responsáveis pelo transporte do material coletado pelos captores;
- Ventilador: fornece a energia necessária para o deslocamento do poluente no interior do sistema de dutos;
- Equipamento de controle de poluição do ar: é destinado coletar e reter os poluentes recolhidos pelo sistema a fim de que os mesmos sejam filtrados antes de serem lançados na atmosfera.

Segue na figura, um esboço de um sistema de ventilação local exaustora com todos os seus componentes:



**Figura 2: Sistema de Ventilação Local Exaustora**  
Fonte: [www.ebah.com.br](http://www.ebah.com.br)

### 2.6.2.1 Captor

De acordo com Macintyre (1990), é o 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 eu interior (pg. 201), Mesquita (1977) lembra, que um captor apenas estará completamente dimensionado quando:

- Determinada sua forma e suas dimensões;
- Sua posição relativa diante a fonte poluidora;
- E a vazão necessária para a completa captura dos poluentes (pg.190). Ainda sobre a vazão de captura.

É a velocidade  $v$  que deve ter a partícula contaminante localizada a uma distancia  $x$  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 a mesma o desejado escoamento (MACINTYRE. J. A, 1990, pg.202).

### 2.6.2.2 Dutos para a condução do ar

Em um sistema de ventilação os dutos são considerados como um conjunto de tubulações, com a finalidade de conduzir o ar é componente de suma importância já que por sua vez transmitem a energia e transportam os componentes captados até seu destino final.

Para o dimensionamento do sistema de dutos, qualquer que seja o método adotado, se baseia na equação de continuidade e no principio de conservação de energia para os fluidos em escoamento, sendo levadas sempre em consideração as perdas de carga nos seguimentos (MACINTYRE. J. A, 1990, pg117). Inicialmente convém lembrar que as perdas de energia “carga”, são basicamente de dois tipos perdas por atrito ou por turbulência (MESQUITA. S. L. A, 1997, pg.206).

Segundo Macityre (1990) à medida que um fluido escoar de A para B, uma parte de energia de pressão (atmosférica) ou pressão estática se converte em energia cinética ou pressão dinâmica, e a partir do ponto B, uma parte dessa pressão dinâmica se converte novamente em pressão estática. Simultaneamente com essas conversões, ocorre uma perda de energia ou de "carga" (pg.203).

Em um sistema de dutos as perdas de carga são diferentes em cada trecho podendo ser:

- Perdas de carga em trechos retos, que é ocasionada por uma queda de pressão estática e pelo atrito com as paredes dos dutos (MESQUITA. S. L. A, 1997, pg.206);
- Perda de carga em expansões, no desenvolvimento de um sistema de ventilação surge à necessidade de um alargamento de um determinado trecho do sistema de dutos para a manutenção de uma dada velocidade, estas expansões podem ser abrupta ou gradual sendo tanto menor a perda de carga quanto mais suave for a extensão (MESQUITA. S. L. A, 1997, pg.207);
- Perda de carga em contrações, esta peça apresenta uma perda de carga diferente das demais, pois são causadas pelas convergências do fluxo devido à menor área de passagem (MESQUITA. S. L. A, 1997, pg.215).
- Perda de carga em cotovelos, esta perda é bastante complicada por existirem vários fatores a serem levados em consideração, a inércia do fluido em movimento no interior do duto, o raio da curva fazem com que além de grandes essas perdas dependam de muitas variáveis (MESQUITA. S. L. A, 1997, pg.215).
- Perda de carga em junções, em sistemas de ventilação existe a necessidade de juntar ou separar dois ou mais ramos, o fluxo nessas junções é extremamente complicado e a perda de carga ocorre em ambos os ramos no principal e no secundário (MESQUITA. S. L. A, 1997, pg.218).
- Perda de carga em outras singularidades, essas perdas não são simples de calcular existindo na literatura tabelas para auxiliar no cálculo das mesmas (MESQUITA. S. L. A, 1997, pg.218).

Todos os dimensionamentos estão exemplificados com mais detalhes no capítulo três e foram feitos com o auxílio de equações e gráficos, e todos os seus resultados estão apresentados em forma de tabela.

### 2.6.2.3 Ventiladores

Segundo Mesquita (1977), na ventilação o fornecimento de energia necessária para o escoamento de fluídos no interior dos dutos é geralmente feito através de ventiladores axiais ou centrífugos, raramente sendo utilizados sopradores e ejetores (pg.278). Os ventiladores são turbo máquinas geratrizes ou operatrizes, que se destinam a fornecer a energia aos fluidos tornando o capaz de escoar no interior dos dutos vencendo as resistências do sistema (MACINTYRE. J. A, 1990, pg157).

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 (MESQUITA. S. L. A, 1997, pg.278).

Classificação dos ventiladores de acordo com Macintyre (1990, pg157, 158):

1. Segundo o nível de pressão produzido:

- Baixa pressão;
- Media pressão;
- Alta pressão;
- Muito alta pressão.

2. Segundo sua construção:

- Centrífugos;
- Hélico- centrífugo;
- Axiais.

3. Forma das pás:

- Pás radiais;
  - Pás inclinadas, para trás, planas ou curvas;
  - Pás inclinadas para frente;
  - Pás curvas de saída radial.
4. Número de entradas de aspiração no rotor:
- Entrada unilateral ou simples aspiração;
  - Entrada bilateral ou dupla aspiração.
5. Número de rotores:
- De simples estágio, com um rotor apenas;
  - De duplo estágio, com dois rotores montados num mesmo eixo.

#### 2.6.2.4 Coletores centrífugos – ciclones

Segundo Macintyre (1990) após coletado, o ar contaminado deve ser tratado e depois liberado na atmosfera, sem oferecer riscos à saúde de pessoas e danos ecológicos. Nesses coletores é criada uma força centrífuga com a intenção de separar os vários materiais que ate ele 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 projetam as partículas solidas de encontro as paredes, de onde caem até o cone inferior, que as coleta e de onde são removidas (MACITYRE. J. A, 1990, pg306).



Segundo Mesquita (1977) neste sistema, pequenas perdas de carga contribuem para uma perda de carga total que serão abordadas mais a frente neste trabalho. Segue figura representativa de um coletor centrífugo ou ciclone (pg.356).



**Figura 3: Funcionamento de um Ciclone**

Fonte:

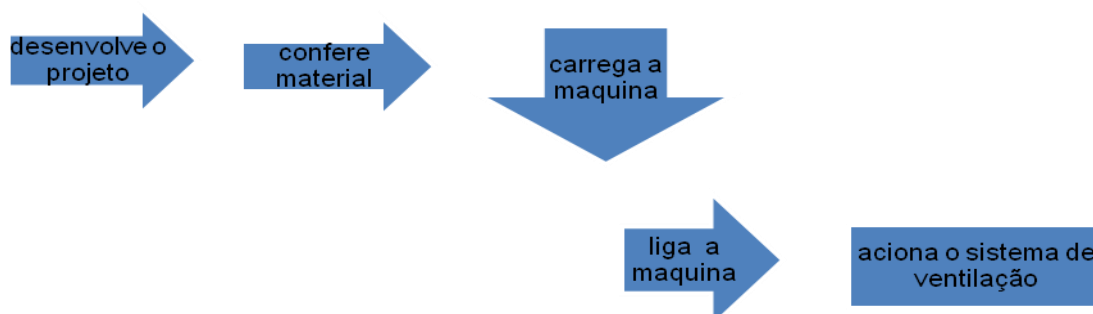
[www.http://dc436.4shared.com/doc/RNU\\_fAws/preview.html](http://dc436.4shared.com/doc/RNU_fAws/preview.html)

### 3 PROCESSO A SER EXECUTADO

O projeto foi elaborado na marcenaria da empresa ELETRONICA WOCHNER. A mesma é responsável pela fabricação de caixas acústicas, dentre outros produtos fabricados para tal finalidade, além de desenvolver outros serviços eletrônicos. O projeto tem por objetivo dimensionar todo um sistema de ventilação para a marcenaria e buscar um destino correto para o material recolhido pelo sistema, diminuindo assim os riscos de contaminação provenientes desse processo para seus trabalhadores bem como os arredores da empresa.

#### 3.1 MATERIAIS E MÉTODOS

Com o sistema de ventilação a ser instalado, toda vez que o operador acionar uma máquina que gere resíduos, o mesmo deverá acionar o sistema de ventilação que terá por objetivo remover de forma eficiente todos os poluentes gerados no decorrer do processo, como mostra a figura 04.

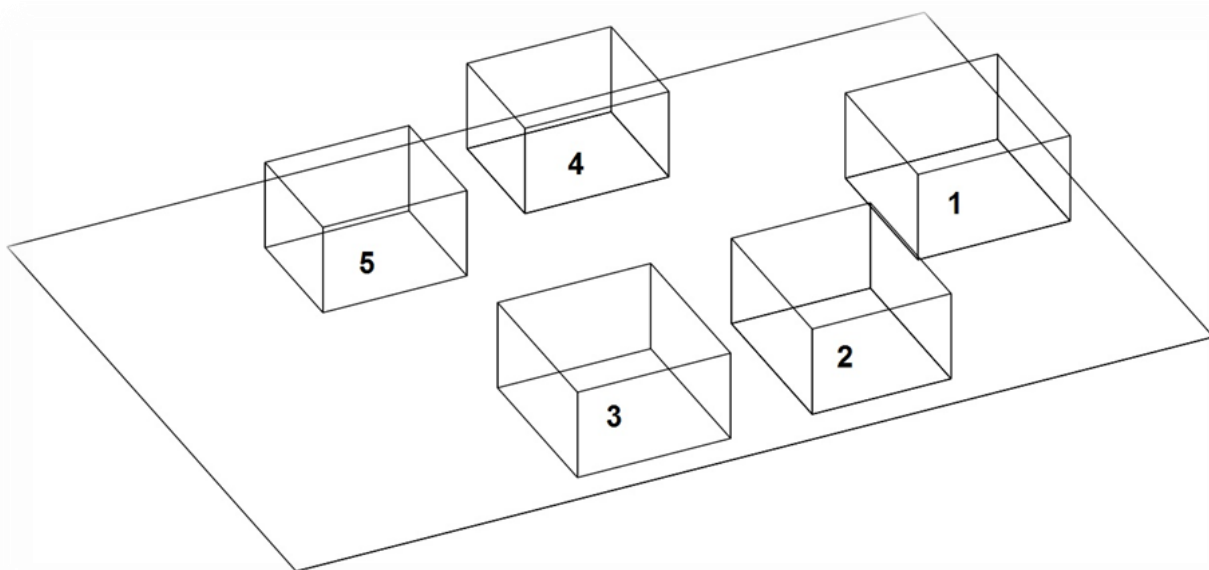


**Figura 4: Fluxograma do Processo**  
Fonte: Autor

### 3.2 DISPOSIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DA ELETRÔNICA WOCHNER

Na figura 05, observa-se a disposição dos equipamentos da eletrônica utilizados no processo de fabricação de caixas acústicas, todos os equipamentos, cinco (5) em sua totalidade, que serão acoplados ao sistema de ventilação local exaustora, são eles:

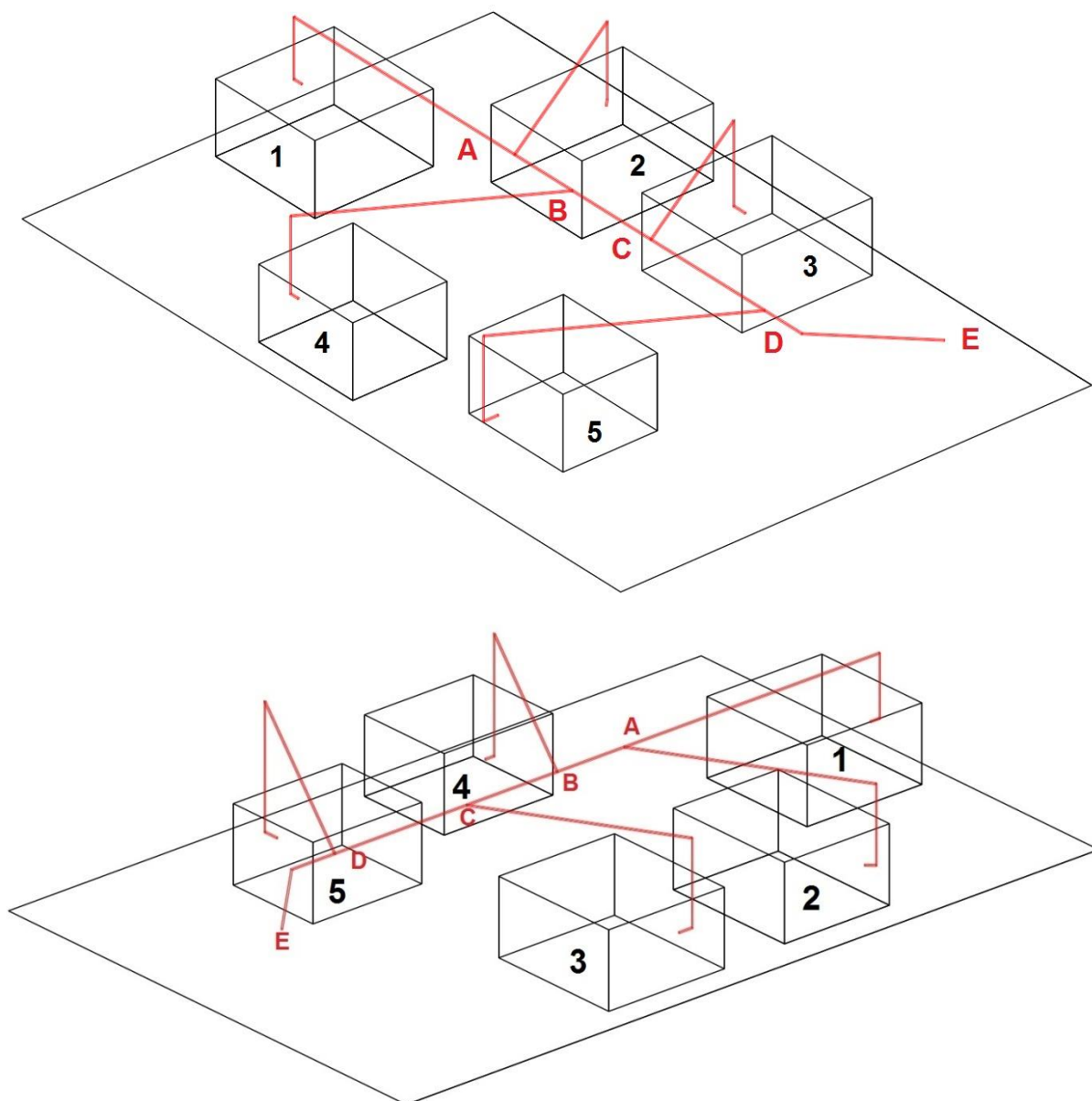
- 1- Serra de esquadria.
- 2- Serra circular de bancada.
- 3- Serra circular.
- 4- Furadeira horizontal.
- 5- Tupia.



**Figura 5: Layout da Marcenaria**  
**Fonte: Autor**

### 3.3 ISOMÉTRICO DO SISTEMA DE VENTILAÇÃO LOCAL EXAUSTORA

Na figura 06, se observa o isométrico dos dutos do sistema de ventilação local exaustora proposto:



**Figura 6: Isométrico dos Dutos**  
Fonte: Autor

### 3.4 DIMENSIONAMENTO DOS DUTOS PARA CONDUÇÃO DO AR

Neste item será destacado todo o processo de dimensionamento dos dutos responsáveis pela condução do ar contaminado. Inicialmente serão considerados apenas os trechos retos.

Para o início dos cálculos foi necessário saber a vazão volumétrica de cada máquina. Para os casos onde não foram encontradas as vazões volumétricas, em literatura foi atribuída a ela a mesma vazão de um a máquina similar, com estes dados foi possível o início do dimensionamento.

Baseando-se no método de velocidade constante, com o princípio de continuidade traduzida pela equação de Bernoulli, segundo Macintyre (1990), “a equação de continuidade mostra que o valor é obtido pelo produto da área da seção normal aos filetes líquido em escoamento pela velocidade media na mesma seção” (pg.117). Para este caso a velocidade determinada foi de 18m/s, e dutos de seção circular por apresentarem maior rendimento, apresentando se na forma de:

$$Q = A.V$$

Na qual,  $Q$  é a vazão em  $m^3/s$ ,  $A$  a área da seção em  $m^2$ , e  $V$  é a velocidade em m/s, para cálculo de diâmetro foi utilizada a seguinte fórmula:

$$D = \frac{\sqrt{4 \cdot Q}}{\pi \cdot V}$$

Neste caso o  $D$  é diâmetro em m, o  $Q$  a vazão volumétrica em  $m^3/s$  e o  $v$  a velocidade em m/s. Para cálculo de área foi utilizada a fórmula:

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

Onde  $A$  é a área em  $m^2$ ,  $D$  é o diâmetro em m. após todos os cálculos foram encontrados os valores apresentados na tabela 04 (pg.37,38).

### 3.4.1 Perda de Carga nos Dutos

Após o dimensionamento dos dutos calculados, providos de todos os resultados e tendo em mãos o comprimento de todos os dutos, bem como a massa específica do ar, deu se inicio aos cálculos de perda de carga  $\Delta P$ , com a fórmula a seguir:

$$\Delta P = f \left( \frac{l}{D} \right) \left( \frac{\rho V^2}{2} \right)$$

Neste cálculo  $\Delta P$  é a perda de Dada em  $Pa$ ,  $f$  é o fator de atrito que é adimensional,  $\rho$  é a massa específica do fluido da de  $Kg/m^3$ , o  $l$  comprimento do duto dado em m e o  $D$  que é o diâmetro em m e  $V$  é a velocidade em m/s. No entanto, para calcular a perda de carga foi necessário encontrar primeiro o fator de atrito  $f$  utilizando o diagrama de Moody apresentado na figura 07.

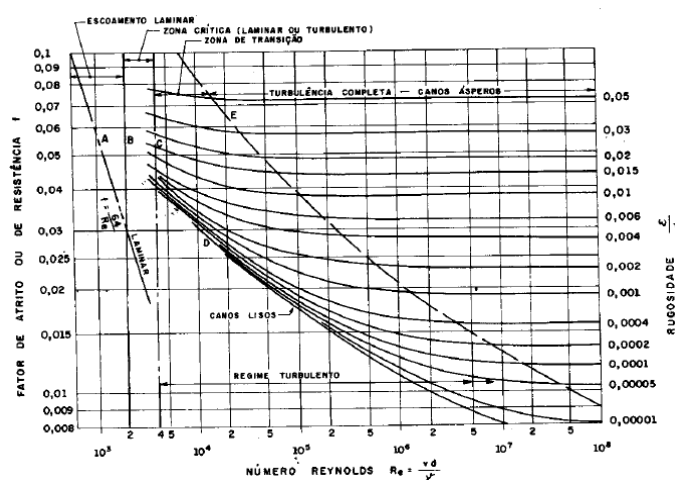


Figura 7: Diagrama de Moody

Fonte: Macintyre, Archibald Joseph - Ventilação industrial e controle da poluição (pg. 121).

Para usar o diagrama foi necessário calcular a rugosidade relativa utilizando a fórmula:

$$\text{Rugosidade relativa} = \frac{\varepsilon}{d}$$

Da forma que  $\varepsilon$  é a rugosidade absoluta do material que para o aço galvanizado é de, 0,00015 m (Macintyre, pg.120), e o  $d$  é o diâmetro em m. Também foi necessário saber o número de Reynolds  $Re$  através da equação:

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu}$$

Na qual, o  $V$  a velocidade do ar em m/s,  $d$  diâmetro do trecho em m, e  $\gamma$  o peso específico dado em ,  $\nu$  é o coeficiente de viscosidade cinética dado em  $\mu Pa$ , dados obtidos na figura 08, a baixo:

Temperatura (°C)	Peso específico $\gamma$ (kgf/m <sup>3</sup> )	Viscosidade cinemática $\nu$ microPa · s
0	1,2922	17,780
10	1,2467	17,708
20	1,2041	18,178
30	1,1644	18,648
40	1,1272	19,118
50	1,0924	19,588

Figura 8: Peso Específico  $\gamma$  e Viscosidade Cinética  $\nu$  do Ar

Fonte: Macintyre, Archibald Joseph - Ventilação industrial e controle da poluição, (pg. 121).

### 3.4.2 Perda de carga nos captoreos

Nos captoreos também se apresenta perda de carga que é calculada através da seguinte equação:

$$\Delta P_c = K_e \frac{\rho V_e^2}{2} + K_s \frac{\rho V_s^2}{2}$$

Neste caso  $\Delta P_c$  é a perda de carga nos captoreos em Pa, o  $K_e$  é o coeficiente de perda de carga para pressão cinética no duto e no caso o  $V_e$  é a velocidade de transporte no duto,  $K_s$  o coeficiente de perda de carga para pressão cinética para o captoreo e o  $V_s$  é a velocidade de captura.

### 3.4.3 Perda de Carga nas Curvas

Para calcular a perda de carga nas curvas foram usadas as seguintes fórmulas:

$$\Delta P_{cur} = CO \frac{\rho V^2}{2}$$

Na qual,  $\Delta P_{cur}$  é a perda de carga nas curvas de 90°,  $\rho$  a massa específica do ar, dada em Kg/m<sup>3</sup>,  $V$  é a velocidade dada em m/s e  $CO$  é o índice de perda de carga nas curvas de 90° que é calculado através da equação:

$$CO = \frac{6,852}{D^{0,626}}$$



De modo que  $C_{90}$  é o índice de perda de carga pra curvas de  $90^\circ$ , e  $D$  o diâmetro em mm. Para cálculos de perda de carga em ângulos diferentes de  $90^\circ$  é utilizada a seguinte formula:

$$C_\theta = 1,15 \frac{\theta}{90} C_{90}$$

Neste caso o  $C_\theta$  continua sendo o coeficiente de perda de carga mas agora para curvas com um ângulo  $\theta$  diferente de  $90^\circ$ , podendo ser usado para calcular qualquer outra perda de carga em curvas com ângulo  $\theta$  diferente de  $90^\circ$  e  $C_{90}$  é o coeficiente de perda de carga da  $90^\circ$  para meso diâmetro.

#### 3.4.4 Perda de Carga nas Junções

O próximo passo é calcular as perdas de carga nas junções em Y, que são os componentes empregados de fazer a junção entre duas ramificações, neste caso a perda de carga será calculada para a peça especifica utilizando a fórmula a seguir, levando em consideração que a velocidade  $v$  já esta em m/s.

$$h_v = \frac{v^2}{16,34}$$

Na qual,  $h_v$  é pressão dinâmica dada em mm/H<sub>2</sub>O, e o  $v$  é a velocidade do duto.

Para calcular a perda de carga  $\Delta P$ , basta multiplicar o  $h_v$  calculado a cima pelo  $K$  dado na tabela da figura a baixo.

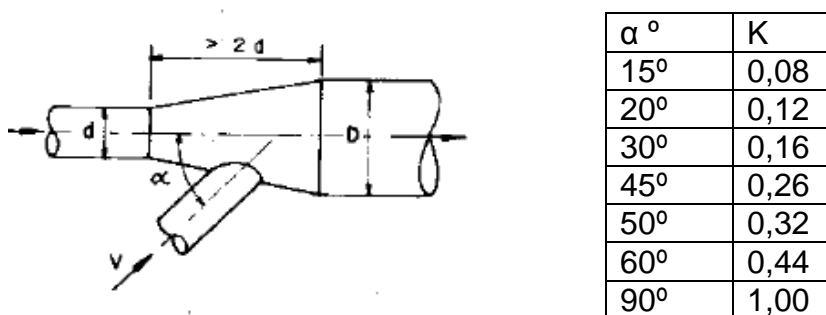


Figura 9: Perda de Carga em Peças Especiais  
Fonte: Macintyre (1990) - Ventilação industrial e controle da poluição (pg. 141).

Depois de encontrado o coeficiente  $K$  foi utilizada a fórmula abaixo para calcular s todas as perdas de carga:

$$\Delta P = h_v K$$

### 3.4.5 Dimensionamento Do Ciclone

Para dimensionar o ciclone inicialmente é necessário escolher qual o modelo do mesmo, o dimensionamento do coletor centrifugo (ciclone), se baseia no diâmetro principal, para tal utiliza se a seguinte fórmula:

$$d = \sqrt{\frac{Q}{300}}$$

Neste caso  $Q$  é a vazão de entrada no ciclone em  $\text{pes}^3/\text{min}$ , o número 300 (trezentos) é fornecido em literatura para o caso do ciclone padrão tipo A, o  $d$  é o

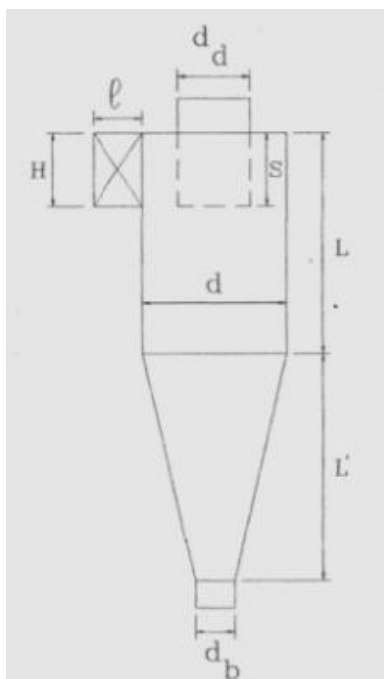
diâmetro em m, depois de calculado o diâmetro é só multiplicado pelos valores dados na tabela a seguir:

**Tabela 2: Fator Multiplicativo para o Ciclone Padrão Tipo A**

Dimensão	D	H	l	s	$d_d$	L	$L'$
Fator multiplicativo do diâmetro d	01	0,5	0,2	0,5	0,5	1,5	2,5

Fonte: Macintyre (1990, pg.314)

A fim de facilitar o entendimento da tabela com o fator multiplicativo segue figura de um ciclone:



**Figura 10: Medidas do Ciclone**  
Fonte: Macintyre (1990)

### 3.4.6 Perda de Carga no Ciclone

As perdas de carga do ciclone são baseadas nas dimensões do mesmo e se apresenta na fórmula a seguir:

$$\Delta P = \frac{12l.h}{K.d^2 \cdot \sqrt{\frac{l}{d}} \cdot \sqrt{\frac{l'}{d}}}$$

Neste caso o  $\Delta P$  é a perda de carga e  $K$  é um coeficiente encontrado em literatura os demais dados são os as dimensões do ciclone, todos os resultados serão apresentados mais a frente.

## 4 RESULTADO DO SISTEMA

### 4.1 DADOS INICIAIS DE MÁQUINA

A tabela abaixo apresenta todos os dados que deram início ao dimensionamento, como a vazão volumétrica de cada máquina, bem como suas respectivas velocidades de transporte.

**Tabela 3: Dados Iniciais de Cada Máquina**

Nº	Máquina	Velocidade mínima (m/s)	Vazão volumétrica (m <sup>3</sup> /s)
1	Serra de esquadria	18	0,2077
2	Serra circular de banda	18	0,2077
3	Serra circular	18	0,2077
4	Furadeira horizontal	18	0,2832
5	Tupia	18	0,2832

Fonte: Autor

### 4.2 DIMENSIONAMENTO DOS DUTOS

Na tabela abaixo encontram-se todos os resultados obtidos no dimensionamento das tubulações.

**Tabela 4: Dimensionamento dos Dutos**

Seguimento	D diâmetro (m)	A área (m <sup>2</sup> )	V vazão volumétrica (m <sup>3</sup> /s)
1- A	0,121	0,0114	0,2077
2- A	0,121	0,0114	0,2077
A- B	0,174	0,0230	0,4154
3- B	0,121	0,0114	0,2077
B- C	0,209	0,0346	0,6231
4- C	0,141	0,015	0,2831
C- D	0,253	0,050	0,9062
5- D	0,141	0,015	0,2832
D- E	0,289	0,066	1,1894

Fonte: Autor

#### 4.2.1 Perda de Carga Nos Dutos

Na tabela abaixo se encontram todos os dados, bem como os resultados de perda de carga de cada trecho da tubulação.

**Tabela 5: Perda de Carga nos Dutos**

Segui- mento	D diâmetro (m)	L compriment o do trecho (m)	rugosidade absoluta do material	Rugosidade relativa	Re numero de Reynolds	Fator de atrito	P Perda de carga (Pa)
1-A	0,121	5	0,00015	0.00123	$1,3 \cdot 10^5$	0.022	176,72
2-A	0,121	04	0,00015	0.00123	$1,3 \cdot 10^5$	0.022	141,38
A-B	0,174	02	0,00015	0.0008	$1,9 \cdot 10^6$	0.019	42.45
3-B	0,121	4.5	0,00015	0.00123	$1,3 \cdot 10^5$	0.022	159.05
B-C	0,209	01	0,00015	0.0007	$2,3 \cdot 10^5$	0.0195	18.137
4-C	0,141	05	0,00015	0.001	$1,5 \cdot 10^5$	0.022	151.65
C-D	0,253	1.5	0,00015	0.0005	$2,8 \cdot 10^5$	0.0188	21.66
5-D	0,141	4.5	0,00015	0.001	$1,5 \cdot 10^5$	0.022	136.49
D-E	1,189	4.5	0,00015	0.0001	$1,3 \cdot 10^6$	0.013	9.56

Fonte: Autor

#### 4.3 PERDA DE CARGA NOS CAPTORES

A seguir apresentam-se os resultados para as perdas de carga nos capttores.

**Tabela 6: Perda de Carga nos Capttores**

Maquina	Velocidade no duto (m/s)	Velocidade de captura (m/s)	Peso especifico (kgf/m <sup>3</sup> )	Coefficiente de perda do duto	Coefficiente de perda no captor	Perda de carga (Pa)
1 Serra de esquadria	18	01	1,2	01	0,25	194,55
2 Serra circular de bancada	18	01	1,2	01	0,25	194,55
3 Serra circular	18	01	1,2	01	0,25	194,55
4 Furadeira	18	01	1,2	01	0,25	194,55
6 Tupia	18	01	1,2	01	0,25	194,55

Fonte: Autor

#### 4.4 PERDA DE CARGA NAS CURVAS

Na tabela a seguir estão os resultados obtidos para a perda de carga nas curvas do sistema.

**Tabela 7: Perda de Carga nas Curvas**

Seguimento	Curvas 60	Curvas 90	Diâmetro Do trecho [m]	60°	90°	Perda de carga nas curvas [Pa]
1-A	01	01	0,121	0,260	0,340	111,64
2-B	01	01	0,121	0,260	0,340	116,64
3-C	01	01	0,121	0,260	0,340	116,64
4-C	01	01	0,141	0,236	0,309	105,94
5-D	01	01	0,141	0,236	0,309	105,94
D-E	01	0	1,189	0,062	0,081	12,052

Fonte: Autor

#### 4.5 PERDAS DE CARGA NAS JUNÇÕES

Na tabela a seguir encontram se os resultados para as junções (Y) do sistema:

**Tabela 8: Perda de Carga nas Junções**

Junção	V velocidade (m/s)	Ângulo da junção	K coeficiente	$h_v$ preção dinâmica (mm/h <sup>2</sup> O)	<b>P</b> perda de carga (Pa)
2-A	18	30°	0,18	19,82	3,56
3-B	18	30°	0,18	19,82	3,56
4-C	18	30°	0,18	19,82	3,56
5-D	18	30°	0,18	19,82	3,56

Fonte: Autor

#### 4.6 DIMENSIONAMENTO DO COLETOR CENTRÍFUGO (Ciclone)

A seguir encontram-se os resultados obtidos no dimensionamento do ciclone.

**Tabela 9: Dimensionamento do Ciclone**

Dimensões	Fator multiplicativo	Valor em (m)	Valor em (pés)
D	1	0,8	2,62
H	0,5	0,4	1,31
L	0,2	0,16	0,52
S	0,5	0,4	1,31
$d_d$	0,5	0,4	1,31
L	1,5	1,2	3,94
$L^l$	2,5	0,2	6,56

Fonte: Autor

##### 4.6.1 Perda de Carga no Ciclone

Na tabela abaixo se encontram as perdas de carga para o ciclone, o fator K usado para encontrar a perda de carga é o fator para entradas simples sem guias.

**Tabela 10: Perda de Carga no Ciclone**

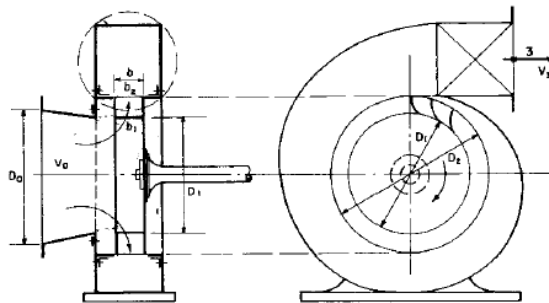
Comprimento d (pés, m)	Comprimento h (pés, m)	Comprimento l (pés, m)	Comprimento $d_d$ (pés, m)	Comprimento L (pés, m)	Comprimento $L^l$ (pés, m)	Fator K	Perda de carga (Pol/ca, Pa)
2,62	1,31	0,52	1,31	1,31	3,94	0,5	6,16
0,8	0,4	0,16	0,4	0,4	1,2	0,5	

Fonte: Autor



#### 4.7 DIMENSIONAMENTO DO VENTILADOR

Com os dados da vazão do sistema e a perda total de carga  $\Delta P$  deu se inicio ao dimensionamento do ventilador, começando pelo rotor:



**Figura 11: Ventilador Centrifugo com Pás para Trás, Saída Radial**  
**Fonte: Macintyure (1990).**

Para o rotor do tipo centrifugo com pás para trás, estipulado em função do baixo ruído e bom rendimento estipulou se ( $\mu = 0,75$ ).

O rotor deve satisfazer o coeficiente da pressão entre 0,7 a 0,3, estipulando este coeficiente em 0,4 deu se inicio ao cálculo de pressão para encontrar o  $u_2$  em m/s.

$$\mu = \frac{g \cdot H}{u_2^2}$$

Neste caso o  $\mu$  é o coeficiente de pressão o  $g$  é a gravidade e o  $H$  é a altura manométrica encontrada através da equação:

$$H = \frac{\Delta P}{\gamma}$$

Onde  $\gamma$  é o peso específico do ar em  $\text{kgf/m}^3$ , e a perda de carga é a soma de todas as perdas do sistema incluindo as perdas do ciclone em Pol/Ca.

Para a vazão, a mesma deve satisfazer um coeficiente entre 0,1 a 0,6, foi estipulado para este caso um valor de 0,4 utilizando a seguinte fórmula para encontrar o  $r_2$ :

$$\delta = \frac{Q}{u_2 \cdot r_2^2}$$

Neste caso o  $Q$  corresponde a vazão em  $\text{m}^3/\text{s}$ , e  $u_2$  já calculado anteriormente em  $\text{m/s}$ .

Segue resultados do dimensionamento do rotor:

**Tabela 11: Dimensionamento do Rotor, Pressão**

Coeficiente	Pressão	Altura manométrica	Perda de carga P	Peso específico do ar	$U_2$
0,4	9,81	333,33	400	1,2	91,3

Fonte: Autor

**Tabela 12: Dimensionamento do Rotor, Vazão**

Coeficiente	Vazão	$U_2$	$R_2$	$D_2$
0,4	1,2	91,3	0,181	360

Fonte: Autor

Segundo Macintyre (1990, pg. 183), a velocidade  $V_a$ , velocidade de entrada do ar na boca de entrada da caixa do ventilador

Encontra-se entre  $0,25\sqrt{2gH}$  e  $0,5\sqrt{2gH}$ , logo

$$V_a = 20,4 \text{ m/s a } 40,8 \text{ m/s}$$

Então o diâmetro  $D_a$  da entrada do ventilador é:

$$D_a = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V_a}} = 0,276 \text{ m} \gg 276 \text{ mm}$$

Como  $D_1 > D_a \gg D_1 = 280 \text{ mm}$

Para calcular a velocidade  $n$  foi utilizada a seguinte equação:

$$n = \frac{U_2}{\pi d_2} = 80,7 \text{ rps} \gg 4843 \text{ rpm}$$

Mas como neste caso o acoplamento é direto no motor a velocidade é igual a  $n = 3500 \text{ rpm}$ , então:

$$d_2 = \frac{U_2}{\pi n} = 500 \text{ mm}$$

Recalculando o  $\delta$ :

$$\delta = \frac{Q}{U_2 r_2^2} = 0,21$$

$\delta$  ficou dentro do limite de 0.1 a 0,6.

Segundo Macintyre (1990) para o dimensionamento da largura das pás, a velocidade meridiana de entrada de ar no rotor é adotada com um valor um pouco menor que a de entrada na caixa do ventilador então:

$$V_{m1} < V_a$$

Neste caso:

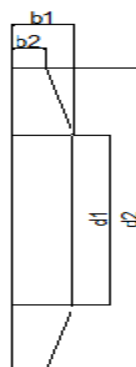
$$V_a = \frac{4Q}{\pi d_2} = 19,5 \text{ m/s} \gg V_{m1} = 19 \text{ m/s}$$

Então a largura  $b_1$  das pás será:

$$b_1 = \frac{Q}{\pi D_2 V_{m1}} = 0,072 \text{ m}$$

$$b_2 = \frac{Q}{\pi d_2 V_{m1}} = 0,040 \text{ m}$$

As dimensões  $b_1$  e  $b_2$  estão representados na figura 12, a seguir:



**Figura 12: Rotor**  
**Fonte: Autor**

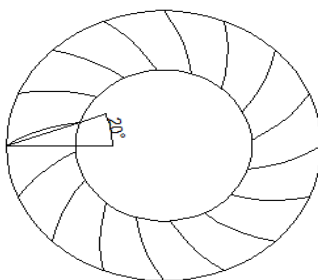
Para calcular o ângulo das pás é necessário primeiro calcular a velocidade periférica à entrada das pás através da seguinte fórmula:

$$U_1 = \pi d_1 n = 51,28 \text{ m/s}$$

Então o ângulo de inclinação das pás é:

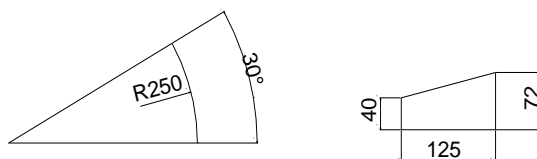
$$\text{tg} \beta_1 = \frac{v_{m1}}{U_1} = 20.33^\circ$$

Segue figura representativa do ângulo de inclinação das pás do ventilador:



**Figura 13: Ângulo de Inclinação das Pás**  
Fonte: Autor

Para facilitar a construção do ventilador foi adotado o ângulo de inclinação das pás como 30° como mostra a figura 14 a seguir:



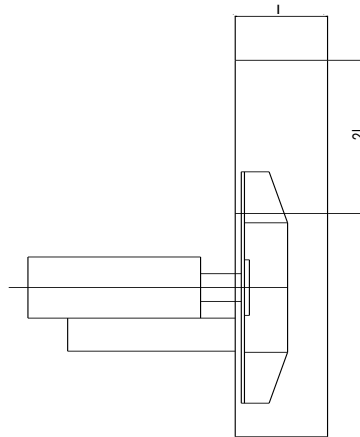
**Figura 14: Ângulo Usado para Construção e Pás**  
Fonte: Autor

O próximo passo foi calcular a diâmetro  $l$  da boca de saída do ciclone que é:

$$Q = V A \gg$$

$$2l^2 V = Q \gg$$

$$l = \sqrt{\frac{Q}{2V}} = 0,15\text{mm e } 2l \text{ } 0,30\text{mm}$$



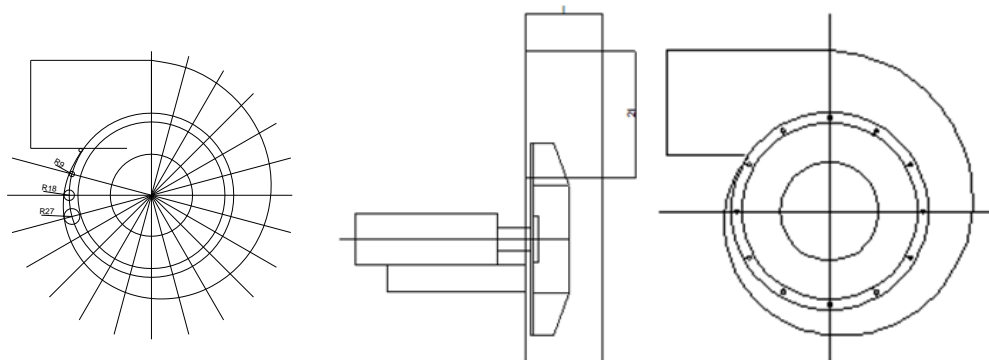
**Figura 15: Diâmetro da Boca de Saída do Caracol**  
Fonte: Autor

O último passo foi o cálculo da potência do motor do ventilador, é usada a seguinte fórmula:

$$N = \frac{\gamma Q H}{75 \eta} = 9,85$$

Como não existem motores com esta potência, para este caso a potência do motor adotado é de 10 CV.

Para a construção da caixa corpo do ciclone considerando que a vazão é radial em todo o perímetro do rotor para distribuí-la de maneira uniforme divide-se a altura  $2l$  da saída por um número de partes chamadas de incrementos e distribui-se no perímetro do rotor somando-se os incrementos como mostra a figura 16 a seguir:



**Figura 16: Construção do Caracol e caracol concluído visão frontal e lateral**  
**Fonte: Autor**

## 5 CONCLUSÃO

Tendo-se em vista a ideia inicial do dimensionamento, com o auxílio da bibliografia e pesquisa, desenvolveu-se o projeto sempre levando em consideração o melhor rendimento e não esquecendo os detalhes que influenciam o resultado.

Deve-se ter em mente que quando se trata de um dimensionamento de um sistema de ventilação, não tem atalhos ou meio termo. Desta forma, mesmo um projeto que aparente ser simples requer de seu projetista o conhecimento para tal.

Sendo assim o sistema de ventilação local exaustora por se tratar de um sistema que capta o poluente direto de sua fonte geradora o transporta até o tratamento onde é recolhido e armazenado, evitando que mesmo se disperse no ambiente. Acaba sendo o meio mais eficaz no controle da poluição, trazendo a seus beneficiados uma melhor condição de trabalho e porque não dizer trazendo melhores condições de vida.



## REFERÊNCIAS

BRAGA, A. PEREIRA, A, A, L. SALDIVA, N, H, P. **Poluição Atmosférica e seus Efeitos na Saúde Humana**. Disponível em:

[http://comciencia.br/reportagens/cidades/paper\\_saldiva.pdf](http://comciencia.br/reportagens/cidades/paper_saldiva.pdf)

Acesso em 18 de junho de 2014.

CARMO, T, A. PRADO, A, T, R. **Qualidade do Ar Interno**. São Paulo 1999. Disponível em:

<http://www.labee.ufsc.br/antigo/arquivos/publicacoes/racine-iaq.pdf>

Acesso em 18 de julho de 2014.

CASTRO, A, H. GOLVEIA, N. ESCAMILL-CEJUDO, A, J. **Questões Metodológicas Para a Investigação dos Efeitos da poluição do ar na saúde**. Disponível em:

<http://www.scielo.br/pdf/rbepid/v6n2/07.pdf>

Acesso em 18 de junho de 2014.

EID, Turazzi Guilherme. Porto Alegre 2009. **Dimensionamento de um Sistema de Exaustão Local em uma Indústria Moveleira**. LUME, 2009. Disponível em:

<http://www.lume.ufrgs.br/bitstrLeam/handle/10183/24023/000742658.pdf?sequence=1>

Acesso em 18 de junho de 2014.

Figura. **coletor centrifugo, Ciclone**. Disponível em: [www.](http://www.dc436.4shared.com/doc/RNU_fAws/preview.html)

[http://dc436.4shared.com/doc/RNU\\_fAws/preview.html](http://dc436.4shared.com/doc/RNU_fAws/preview.html)

Acesso dia 07 de outubro de 2013

Figura. **Sistema de Ventilação Local Exaustora**. Disponível em:

<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAe9Y8AA/vgd-vi>

Acesso em 18 de junho de 2014.

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.

MONTAGGE. **O que é MDF**. MONTAGGE. Disponível em:

<http://www.montagge.com.br/mdf.htm>

Acesso em 19 de julho de 2014.