

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS - UNIS**

**ENGENHARIA MECÂNICA**

**AFRÂNIO GONÇALVES CARVALHO**

N. CLASS.....  
CUTTER.....  
ANO/EDIÇÃO.....

**ANÁLISE DE PRESSÃO E VENTILAÇÃO EM GALPÕES DE INDÚSTRIA TÊXTIL**

**Varginha  
2014**

**FEPESMIG**

**AFRÂNIO GONÇALVES CARVALHO**

**ANÁLISE DE PRESSÃO E VENTILAÇÃO EM GALPÕES DE INDÚSTRIA TÊXTIL**

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Mecânica  
do Centro Universitário do Sul de Minas - Unis/MG,  
como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel  
sob orientação do Prof.Me.Alexandre Oliveira Lopes

**Varginha  
2014**

**Grupo Educacional Unis/MG**

**AFRÂNIO GONÇALVES CARVALHO**

**ANÁLISE DE PRESSÃO E VENTILAÇÃO EM GALPÕES DE INDÚSTRIA TÊXTIL**

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas - Unis/MG, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em    /    /

---

Prof. Me. Alexandre Oliveira Lopes

---

Prof.

---

Prof.

OBS.:

Dedico este trabalho a Deus por me dar força e sabedoria, minha família pelo total apoio, e aos profissionais de engenharia que contribuíram para conclusão desta etapa.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a minha namorada Tassiana, aos professores e a todos os colegas de faculdade que ajudaram na elaboração deste trabalho.

“A alegria de ver e entender é o mais perfeito dom da natureza.”

Albert Einstein

## RESUMO

Um dos principais fatores a se considerar em um processo de produção é a temperatura ambiente e as condições térmicas no qual este produto está envolvido. O acúmulo de poeira e correntes de ar geram transtornos em matéria prima para a confecção de um produto. Em uma indústria têxtil, a matéria prima fica exposta em um suporte de armazenamento chamado Cantre onde as bobinas estão prontas para ser texturizadas. O filamento é armazenado no estado cru, onde quaisquer agentes externos que o submetam a uma alteração pode ocasionar uma variação no produto final como também uma perda de lote. Os sistemas de ventilação interna de um galpão industrial tem a finalidade de refrigerar não somente equipamentos como manter a temperatura ideal necessária para o processo e conforto térmico dos colaboradores. A variação de pressão que existe entre dois galpões pode ocasionar correntes de ar que afetam os produtos, emitindo poeiras que contaminam o processo. Deste modo, este trabalho visa apresentar soluções e propor novas técnicas de modo a adequar os fluxos de correntes de ar existentes nos galpões de uma industria têxtil. Para isso, foi discutido e analisado os conceitos de ventilação industrial afim de relacionar os equipamentos que promovem o insuflamento e a exaustão de cada galpão para realizar o dimensionamento.

**Palavras-Chave:** Ventilação. Análise de pressão em galpão. Sistemas de ventilação.

## **ABSTRACT**

*One of the main factors to consider in a production process is the ambient temperature and the thermal conditions in which this product is involved. The accumulation of dust and air currents generate disorders in raw material for the manufacture of a product. In a textile industry, the raw material is exposed on a storage medium called Cantre where the coils are ready to be textured. The filament is stored in the raw state where any external agents that undergo a change may cause a variation in the final product as well as a loss of the batch. The systems of internal ventilation of an industrial shed is intended not only to cool equipment such as maintaining the ideal temperature required for the process and thermal comfort of the employees. The pressure variation that exists between two sheds can cause air currents affecting the products, sending dust contaminating the process. Thus, this paper presents solutions and propose new techniques in order to adjust the flow of air currents existing in the sheds of a textile industry. For this, we discussed and analyzed the concepts in order to relate the equipment that promote insufflation and exhaustion of each shed to perform sizing industrial ventilation.*

**Keywords:** *Ventilation. Pressure Analysis in shed. Ventilation systems.*

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Insuflação e exaustão Mecânicas.....	14
Figura 2 – Localização inadequadas para ventiladores.....	15
Figura 3 – Localização adequadas para ventiladores.....	16
Figura 4 – Insuflação Mecânica e Exaustão Natural.....	17
Figura 5 – Exaustor eólico em alumínio.....	19
Figura 6 – Exaustor eólico com tampa e aletas em policarbonato.....	19
Figura 7 – Galpão de texturização.....	20
Figura 8 – Galpão de escolha e embalagem.....	21
Figura 9 – Vista Superior dos galpões.....	21
Figura 10 – Unidade de tratamento de ar 02.....	23
Figura 11 – Unidade de tratamento de ar 07.....	25
Figura 12 – Vista Superior das correntes de vento nos galpões.....	26
Figura 13 – Vista Superior do posicionamento dos 120 exaustores eólicos.....	27
Figura 14 – Vista Superior das correntes de vento nos galpões.....	28

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>12</b>
<b>2.1 Definição de ventilação industrial.....</b>	<b>12</b>
<b>2.2 Tipos de ventilação.....</b>	<b>12</b>
2.2.1 Ventilação Natural.....	13
2.2.2 Ventilação Geral.....	13
2.2.3 Ventilação Local Exaustora.....	14
<b>2.3 Insuflação e Exaustão Mecânicas.....</b>	<b>14</b>
<b>2.4 Insuflação Mecânica e Exaustão Natural.....</b>	<b>16</b>
<b>2.5 Ar condicionado.....</b>	<b>17</b>
<b>2.6 Princípios da Exaustão.....</b>	<b>18</b>
<b>2.7 Sistemas de Exaustão.....</b>	<b>18</b>
2.7.1 Exaustor Eólico.....	18
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>20</b>
<b>3.1 Galpões analisados.....</b>	<b>20</b>
<b>3.2 Sistemas de ventilação existentes nos galpões analisados.....</b>	<b>22</b>
3.2.1 Galpão de texturização - Unidade de tratamento de Ar (UTA 01 a 05).....	22
3.2.1.1 Condições internas.....	22
3.2.1.2 Vazão de ar insuflada.....	22
3.2.1.3 Vazão de ar de retorno.....	22
3.2.2 Galpão de escolha e embalagem - Circuito de ar Unidade de Tratamento de Ar (UTA-07) .....	23
3.2.2.1 Funcionamento do Controle de Umidade e Temperatura.....	24
3.2.2.2 Umidade relativa.....	24
3.2.2.3 Temperatura.....	24
3.2.2.4 Condições externas.....	24
3.2.2.5 Vazão de ar insuflada.....	24
<b>3.3 Apresentação das soluções.....</b>	<b>25</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSÃO.....</b>	<b>26</b>
<b>4.1 Fluxo de ar atual pelos sistemas de ventilação.....</b>	<b>26</b>
<b>4.2 Implantação de Exaustores Eólicos.....</b>	<b>27</b>
<b>4.3 Fluxo de ar pelos sistemas de ventilação proposto.....</b>	<b>28</b>
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>29</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>30</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A ventilação é um método disponível e bastante efetivo para controle da poluição do ar de ambientes de trabalho e mesmo de ambientes residenciais e de lazer. A sua adequada utilização promove a diluição ou retirada de substâncias nocivas ou incômodas presentes no ambiente de trabalho, de forma a não ultrapassar os limites de tolerância ou os níveis aceitáveis ou recomendados. A ventilação também pode ser utilizada para controlar a concentração de substâncias explosivas e/ou inflamáveis, agindo dessa forma no aspecto de segurança tanto do trabalhador como do patrimônio da empresa (MACINTYRE, 1990).

As ações do vento não são consideradas um problema significante em construções baixas e em terrenos que possuem obstáculos, porém, em pavilhões industriais passa a ser uma ação importante a se considerar. A NBR 6123/1988 - Forças devidas ao vento em edificações, determina e estipula os parâmetros para o cálculo das forças devidas à ação estática e dinâmica do vento, para efeitos de cálculo de edificações (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1988).

Muitas empresas necessitam de sistemas de ventilação interno para várias finalidades a que se destinam como por exemplo, ventilação para manutenção do conforto térmico, ventilação para manutenção da saúde e segurança do homem e ventilação para conservação de materiais e equipamentos. Mesmo utilizando alguns equipamentos que promovem o tratamento do ar, seu dimensionamento pode causar desequilíbrio de pressão entre pavimentos industriais, fazendo com que algumas correntes de ar se tornam um fator agravante para um determinado processo de produção.

Assim, este trabalho visa adequar as pressões internas de dois galpões de uma indústria têxtil, a partir da aplicação dos conceitos relacionados a ventilação industrial visando melhorar os fluxos de corrente de ar existente dentro do galpão como também as taxas de renovação de ar.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

Abaixo segue referencial teórico abordando definições gerais sobre ventilação industrial e métodos para cálculo de pressão interna em galpões.

### **2.1 Definição de ventilação industrial**

Como ventilação industrial entende-se o processo de retirar ou fornecer ar por meios naturais ou mecânicos de, ou para, um recinto fechado. O processo de ventilação têm por finalidade a limpeza e o controle das condições do ar, para que homens e máquinas convivam num mesmo recinto sem prejuízo de ambas as partes.

Segundo Macintyre (1990), a movimentação de ar natural, através dos ventos, é responsável pela troca de temperatura e umidade que sentimos diariamente, dependendo do clima da região. A movimentação do ar por meios não naturais constitui-se no principal objetivo dos equipamentos de ventilação, ar condicionado e aquecimento, transmitindo ou absorvendo energia do ambiente, ou mesmo transportando material, atuando num padrão de grande eficiência sempre que utilizado em equipamentos adequadamente projetados. A forma pelo qual se processa a transferência de energia e que dá ao ar capacidade de desempenhar determinada função. A velocidade, a pressão, a temperatura e a umidade envolvem mudanças nas condições ambientais, tornando-as propícias ao bem estar do trabalhador e uma melhor conservação de produtos produzidos.

A simples renovação de ar em um recinto não significa que este tornar-se-á salubre, é necessário que o ar seja distribuído de tal forma que a taxa de contaminante seja a mesma em todos os pontos. O conhecimento da forma como o ar externo, por intermédio da turbulência, mistura-se com o ar interno é fundamental importância no projeto de sistemas de ventilação. (MESQUITA, GUIMARÃES e NEFUSSI, 1988)

### **2.2 Tipos de ventilação**

Os tipos de ventilação utilizadas para atender variadas necessidades são:

- Ventilação natural
- Ventilação geral, para conforto térmico ou diluidora (por insuflamento ou exaustão)
- Ventilação local exaustora

### 2.2.1 Ventilação Natural

A ventilação natural ocorre pelo movimento do ar em um devido ambiente, geralmente provocada pela pressão dinâmica e temperatura, podendo ser controlado pelas aberturas no teto, frestas nas laterais e pisos.

A diferença de pressão entre as partes internas e externas do galpão, são fatores necessários para determinar o fluxo de ar que entra ou sai do ambiente.

O efeito da diferença de densidade, conhecido como "efeito de chaminé", é freqüentemente o principal fator. Quando a temperatura no interior de um determinado ambiente é maior que a temperatura externa, produz-se uma pressão interna negativa e um fluxo de ar entra pelas partes inferiores, o que causa em seguida uma pressão interna positiva, e um fluxo de ar sai nas partes superiores do edifício (MACINTYRE, 1990).

### 2.2.2 Ventilação Geral

A ventilação geral consiste na movimentação de grandes quantidades de ar através em espaços confinados, com a finalidade de melhorar as condições do ambiente graças ao controle de temperatura, da distribuição e da pureza do ar e umidade. Uma de suas classificações é a ventilação geral para conforto térmico que visa adequar o ambiente de trabalho para os requisitos mínimos em condição de trabalho para o homem. A ventilação geral pode ser diluidora, sendo esta um método de insuflar ar em um ambiente ocupacional ou até exaurir ar deste ambiente.

Os objetivos de um sistema de ventilação geral diluidora podem ser: - Proteção da saúde do trabalhador, reduzindo a concentração de poluentes nocivos abaixo de um certo limite de tolerância. - Segurança do trabalhador, reduzindo a concentração de poluentes explosivos ou inflamáveis abaixo dos limites de explosividade e inflamabilidade. - Conforto e eficiência do trabalhador, pela manutenção da temperatura e umidade do ar ambiente. - Proteção de materiais ou equipamentos, mantendo condições atmosféricas adequadas. Em casos em que não é possível, ou não é viável, a utilização de ventilação local exaustora, a ventilação geral diluidora pode ser usada. A aplicação, com sucesso, de ventilação geral diluidora depende das seguintes condições: - O poluente gerado não deve estar presente em quantidade que exceda a que pode ser diluída com um adequado volume de ar. - A distância entre os trabalhadores e o ponto de geração do poluente deve ser suficiente para assegurar que os trabalhadores não estarão expostos a concentrações médias superiores ao limite de

tolerância. - A toxicidade do poluente deve ser baixa (  $LT > 500$  ppm ). - O poluente deve ser gerado em quantidade razoavelmente uniforme (MACINTYRE, 1990).

### 2.2.3 Ventilação Local Exaustora

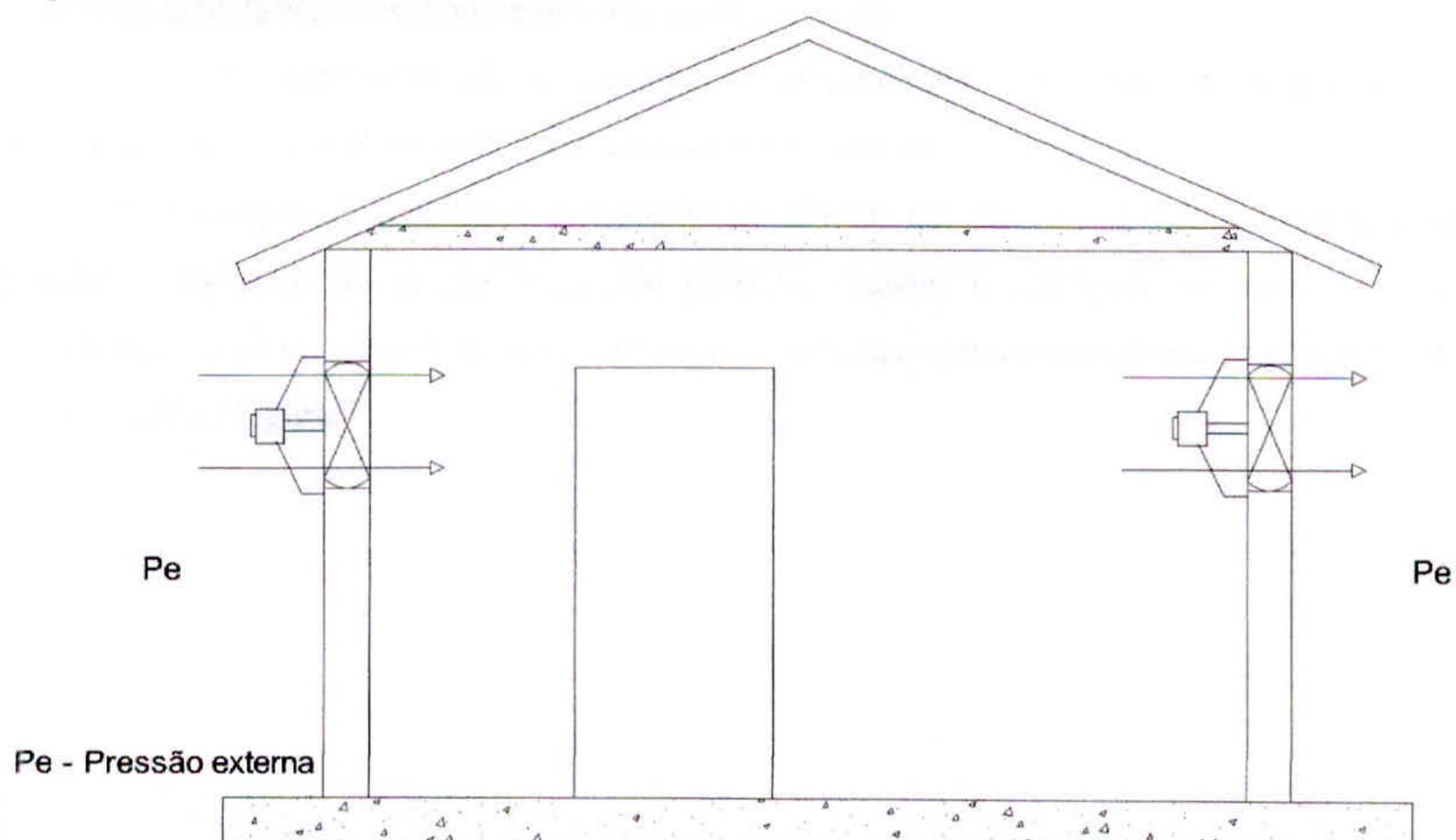
A ventilação local exaustora tem como objetivo principal captar os poluentes de uma fonte (gases, vapores ou poeiras tóxicas) antes que os mesmos se dispersem no ar do ambiente de trabalho, ou seja, antes que atinjam a zona de respiração do trabalhador.

## 2.3 Insuflação e Exaustão Mecânicas

Neste caso, há ventiladores que insuflam o ar e ventiladores que removem o ar do recinto, quer sejam colocados diretamente no recinto, que seja atuando através de sistemas de dutos. Consegue-se, assim, uma ventilação mais controlável tanto em relação a qualidade do ar que entra, quanto a distribuição do mesmo no recinto.

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

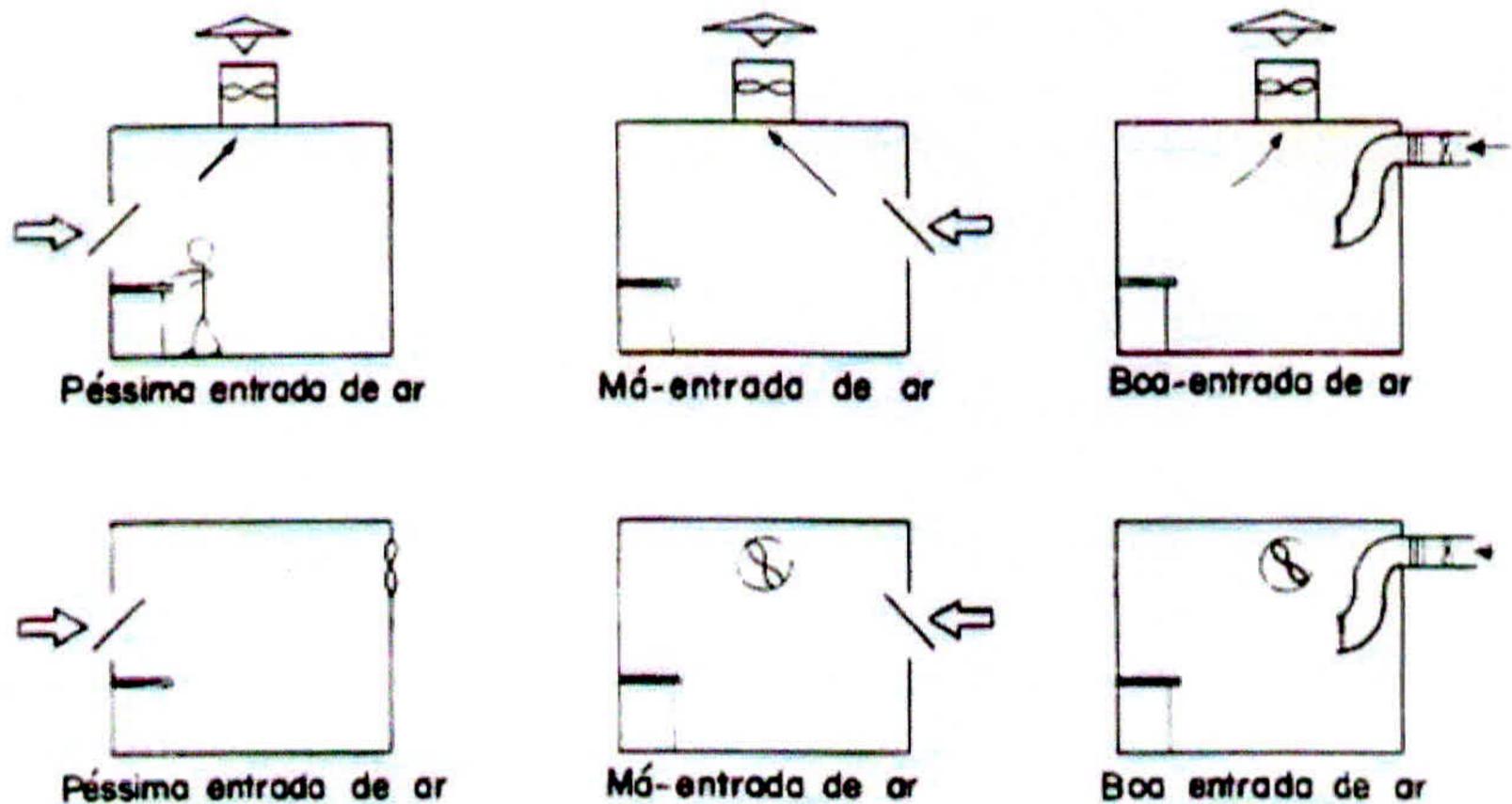
Figura 1 – Insuflação e Exaustão Mecânicas



Pe - Pressão externa

Fonte: O autor

Figura 2 – Localizações inadequadas para ventiladores



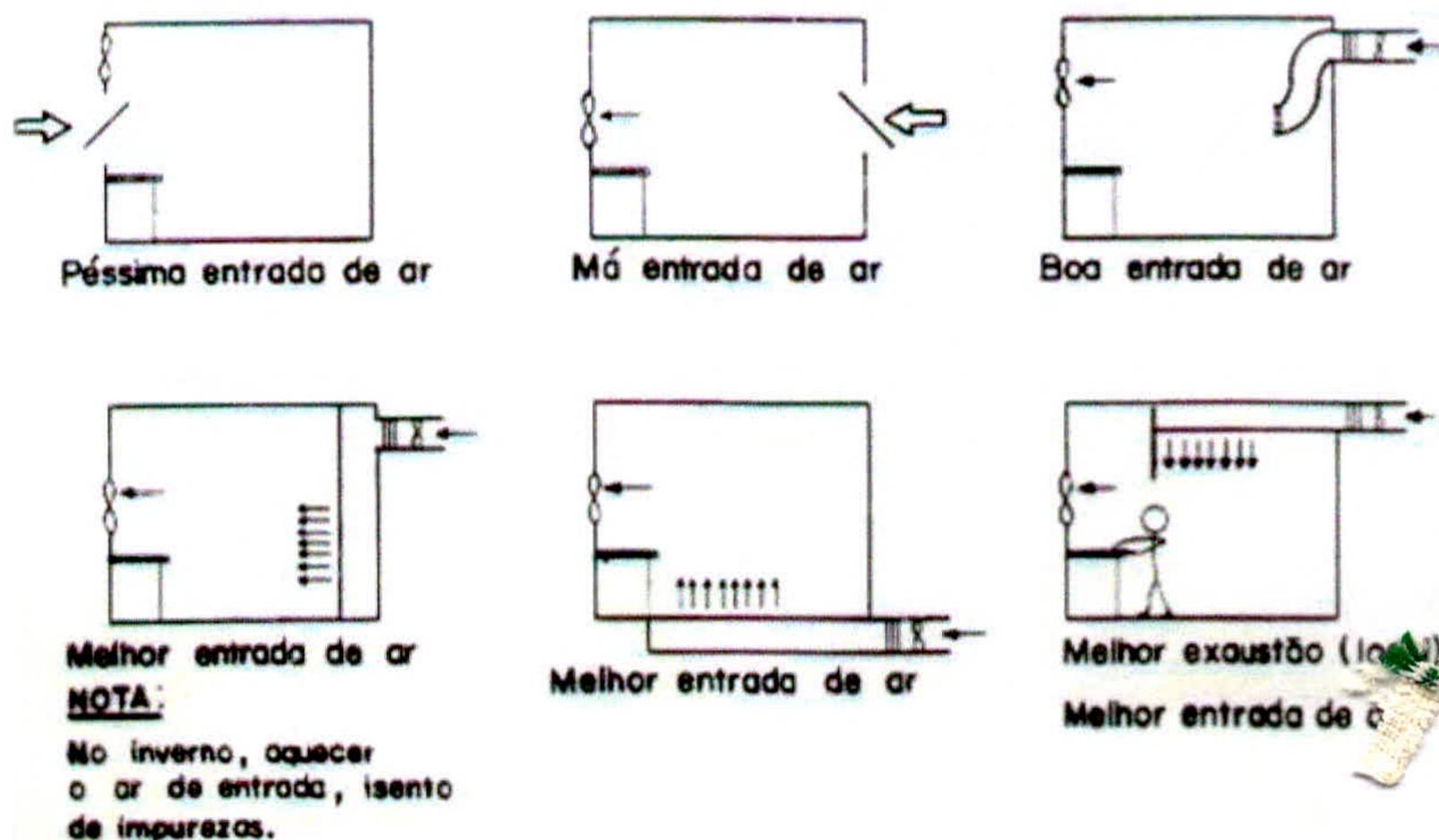
Fonte: (MACINTYRE, 1990).

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

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

A instalação de insuflação e exaustão mecânicas em sua forma mais completa pode permitir a captação do ar em local não poluído, realizar a filtragem do mesmo, caso necessário, e realizar o insuflamento em “bocas” dispostas convenientemente ao longo de um ou mais dutos (Figura 3).

Figura 3 – Localizações adequadas para ventiladores



Fonte: (MACINTYRE, 1990).

## 2.4 Insuflação Mecânica e Exaustão Natural

Nesta modalidade de ventilação geral diluidora, um ou mais ventiladores enviam ar exterior para o interior do recinto. Como a pressão  $p$ , no recinto se torna maior que a pressão exterior  $P_e$ , o ar insuflado sai por outras aberturas existentes, produzindo os efeitos desejados de diluição dos contaminantes, de baixamento de temperatura e de arejamento.

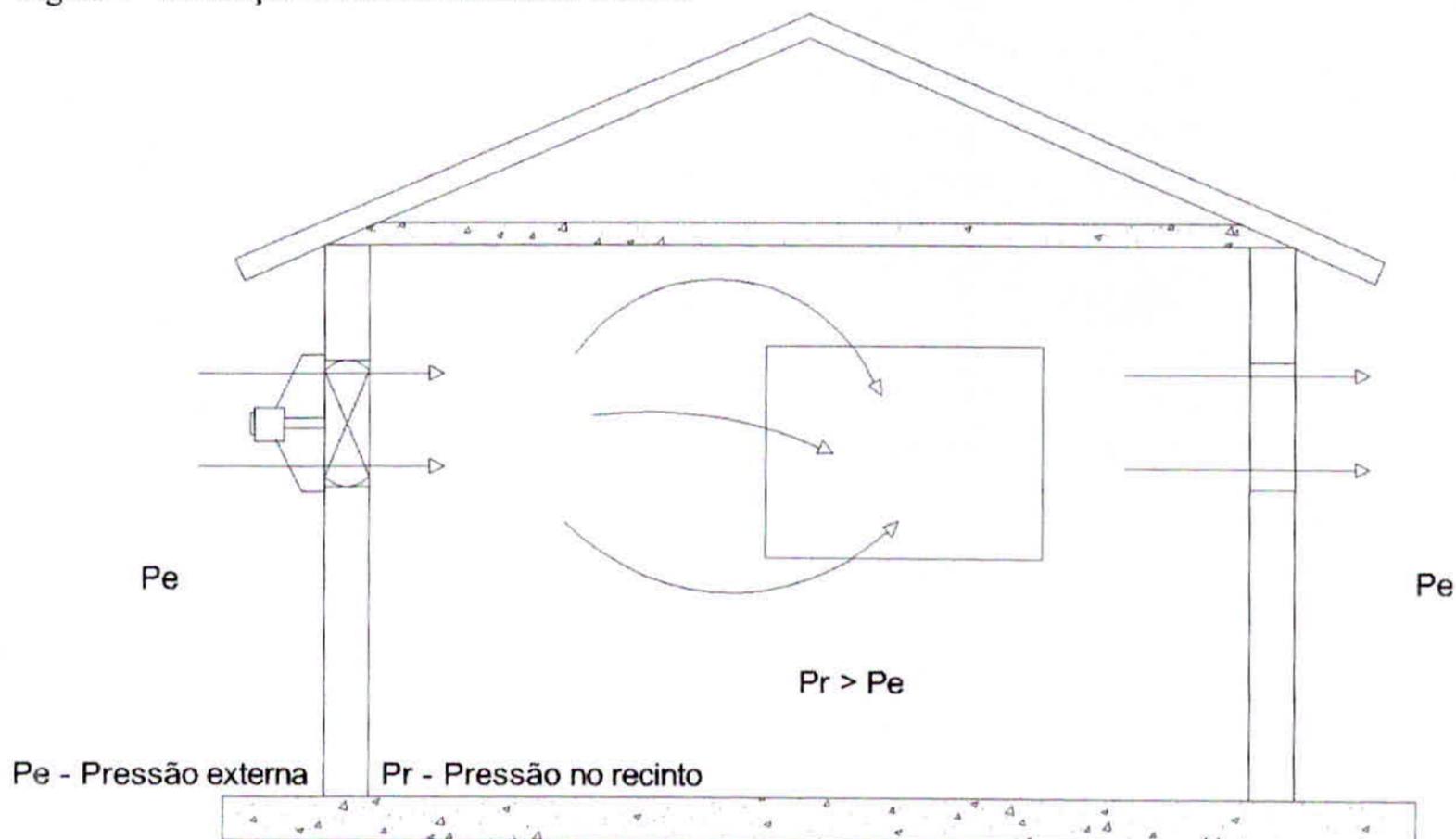
A insuflação mecânica permite um bom controle da incidência do ar e um melhor controle da pureza do ar insuflado do que no caso da ventilação natural. Usa-se, também, quando é necessário impedir que o ar contaminado de outro recinto penetre naquele que se esta pretendendo ventilar.

Na insuflação ou ventilação por insuflamento, como foi dito acima, estabelece-se no recinto uma pressão  $P_r$  maior que a do ambiente exterior  $P_e$ . Deve-se portanto verificar inicialmente a necessidade e a conveniência de manter a pressão do ambiente acima da pressão externa ou dos ambientes adjacentes, pois o ar expelido poderá ser deslocado para um outro recinto no qual não se possa admitir o ar nas condições com que sai do local ventilado.

Deve-se localizar a abertura de admissão de ar para o ventilador numa parede, a fim de que a tomada de ar se efetue livremente. Quando for necessário fazer-se uma tomada de ar em

local afastado, deve-se instalar um duto ou *plenum* até o ventilador, ou do ventilador até o recinto. É necessário, em qualquer caso, garantir um fluxo de ar adequado, livre de concentração anormal de agentes contaminantes externos.

Figura 4 – Insuflação Mecânica e Exaustão Natural



Fonte: O autor

## 2.5 Ar Condicionado

O ar condicionado, ao contrário da ventilação, não depende das condições climáticas exteriores. Este método visa o controle de umidade, da pureza e movimentação do ar.

A climatização de ambientes se faz necessária em: - processos de manufatura que exigem umidade, temperatura, e pureza do ar controlados, como fabricação de produtos farmacêuticos e alimentícios, salas de desenho de precisão, impressão em cores, etc.; - ambientes onde se processam matérias higroscópicas; - etapas de produção que exigem controle das reações químicas (cristalização, microorganismos, etc.); - locais onde é necessário eliminar a eletricidade estática para prevenir incêndios ou explosões; - operações de usinagem com tolerância mínima; - laboratórios de controle e teste de materiais; - hospitais (salas de operação, salas de recuperação e quartos para tratamento de doenças alérgicas; também é o ar condicionado um processo muito utilizado em conforto ambiental.)

(VALLE e MELO, 1992)

## 2.6 Princípios de exaustão

Consiste na remoção de um determinado agente agressivo do ambiente de trabalho. Um sistema de exaustão dimensionado corretamente, leva em consideração o serviço a ser utilizado e principalmente análises realizadas para eficiência e custo do projeto.

## 2.7 Sistemas de exaustão

Existem vários sistemas de exaustão que circulam o mercado afim de atender empresas de pequeno a grande porte com diferentes tipos de funcionamento. Suas opções incluem com motor elétrico, energia solar e energia eólica, entre outros. O uso de um equipamento para exaustão é caracterizado pela finalidade ao qual o processo necessita.

### 2.7.1 Exaustor Eólico

A energia eólica é a energia gerada pela ação dos ventos e o exaustor eólico utiliza este recurso da natureza, abundante e gratuito para promover a renovação do ar. Eficiência e economia em renovação de ar, melhorando o conforto térmico no ambiente.

O vento incide sobre as aletas do rotor, promovendo o giro do aparelho. Em seu interior ocorrerá uma ligeira queda de pressão, ajudando a succionar a massa de ar quente, gases tóxicos, fumaças e partículas em suspensão no ambiente em sua direção. Além de baixar a temperatura, o Exaustor Eólico melhora a qualidade do ar.

A construção interna, ou seja, sua estrutura é fabricada em alumínio fundido dando assim maior resistência e durabilidade ao produto evitando a corrosão ou o ressecamento devido ao longo tempo de exposição ao ambiente.

Consiste no uso de dois rolamentos blindados com lubrificação permanente posicionados na estrutura fixa do aparelho com distanciamento de 120 mm dando assim maior concentricidade. A parte superior evita a entrada de umidade e o travamento do globo.

Existem alguns modelos que possuem um sistema de turbina, o que facilita a sua ação nas horas de menos incidência de calor proveniente da insolação e menor velocidade do vento externo, entrando em ação a turbina que irá manter a mesma ventilação do ambiente sem prejudicar o sistema (ROTIV, 2010).

O aparelho possui:

- 44 aletas em alumínio
- Tampa Superior em alumínio
- Rolamentos dupla blindagem com lubrificação permanente
- Mancais em alumínio fundido
- Aro giratório de alumínio
- Aro Fixo de alumínio

Figura 5 – Exaustor eólico em alumínio



Fonte: (LIDEREXAUSTORES,2014).

Existem alguns modelos diferenciados de Exaustor Eólico com a tampa em policarbonato e outros com a tampa e as aletas em policarbonato. A vantagem deste sistema é que ele transfere a luz solar diretamente para o interior de qualquer divisão ou espaço com uma perda mínima de intensidade mesmo em dias mais escuros (RENOVAR, 2012).

Figura 6 – Exaustor eólico com tampa e aletas em policarbonato.



Fonte: (LIDEREXAUSTORES,2014).

### 3 METODOLOGIA

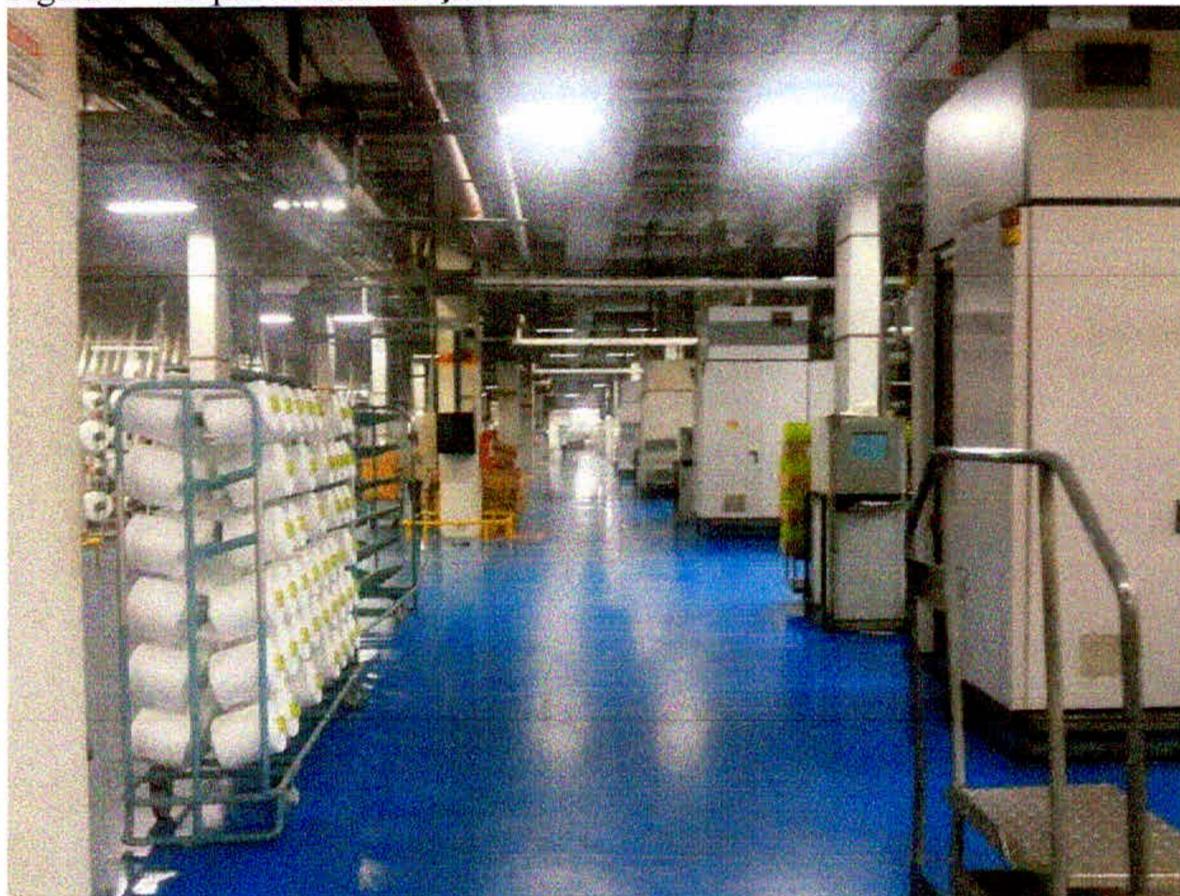
A metodologia utilizada e apresentada a seguir está estruturada para a realização de análise do local e dos sistemas de ventilação existentes nos galpões de uma indústria têxtil situada em Alfenas - MG. O trabalho será realizado em quatro etapas distintas conforme abaixo:

- a) Estudo dos sistemas de ventilação industrial e sistemas exaustores;
- b) Análise do local e ambiente de trabalho;
- c) Análise dos sistemas de ventilação existentes nos galpões;
- d) Apresentação das soluções para as correntes de ar.

#### 3.1 Galpões analisados

O trabalho foi desenvolvido por meio da análise de dois galpões industriais, galpão de texturização, onde ocorre todo o processo dos filamentos e galpão de armazém de escolha e embalagem, onde o produto acabado é testado e embalado para a esteira transportadora. Os galpões serão nomeados como galpão de texturização, possuindo 15.256,80 m<sup>2</sup> e galpão de armazém de escolha e embalagem, possuindo 5.168,35 m<sup>2</sup>.

Figura 7 – Galpão de texturização



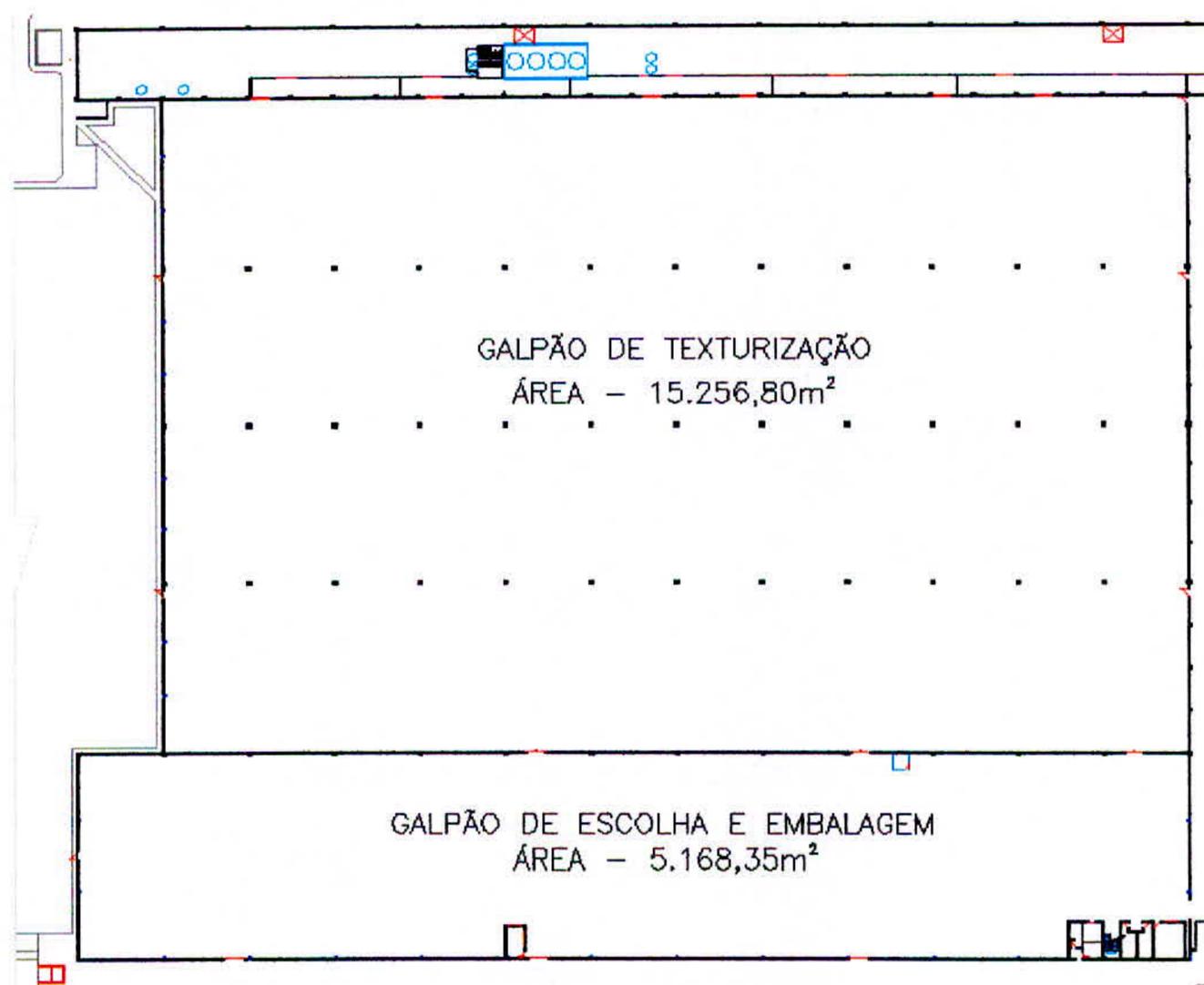
Fonte: (UNIFI DO BRASIL, 2014).

Figura 8 – Galpão de escolha e embalagem



Fonte: (UNIFI DO BRASIL, 2014).

Figura 9 – Vista Superior dos galpões



Fonte: O autor

### 3.2 Sistemas de ventilação existentes nos galpões analisados

#### 3.2.1 Galpão de texturização - Unidade de tratamento de Ar (UTA 01 a 05)

Os equipamentos são conjugados com equipamentos adicionais, como lavadores de ar, módulos de mistura com dampers para o ar de exaustão, retorno, by-pass e ar do lavador, módulos de filtragem com filtros para o ar de retorno, ventiladores axiais para o ar de retorno.

O sistema opera tomando a mistura da cota de ar externo e ar de retorno, passando o ar através das cinco centrais, onde é filtrado, resfriado, umidificado e ou desumidificado. Destas centrais, o ar é descarregado no plenum de insuflamento por intermédio de ventiladores axiais e distribuído nas zonas de processo (SULTEX, Manual de operação do equipamento, 1996).

##### 3.2.1.1 Condições internas

No galpão de Texturização;

Temperatura no verão.....24°C

Temperatura no inverno.....24°C

##### 3.2.1.2 Vazão de ar insuflada

Área da texturização.....810.000 m<sup>3</sup>/h

##### 3.2.1.3 Vazão de ar de retorno

Área da texturização.....670.000 m<sup>3</sup>/h

Figura 10 – Unidade de tratamento de Ar 02



Fonte: (UNIFI DO BRASIL, 2014).

### 3.2.2 Galpão de escolha e embalagem - Circuito de ar Unidade de Tratamento de Ar (UTA-07)

O ar insuflado no galpão de Escolha e Embalagem é captado diretamente do ambiente externo por intermédio de abertura na parede dotada de damper de ar externo automático.

Este ar captado do ambiente externo entra na câmara de mistura do aparelho umidificador tipo - BZS; nesta câmara o mesmo é filtrado e misturado quando necessário com uma certa porcentagem de ar, que é chamado de ar de retorno. A porcentagem de ar exterior é regulada pelo controle de temperatura do salão, a fim de aproveitar ao máximo o ar exterior quando sua condição estiver favorável.

Da câmara de mistura o ar passa para o umidificador de ar; nesta etapa; o ar será umidificado dentro do aparelho BZS, chegando as condições de umidade desejadas.

Antes de o ar ser lançado no ambiente o mesmo passa por um conjunto eliminador de gotas; cuja a função é reter as partículas maiores de água.

Após este tratamento, o ar é impulsionado pelo conjunto moto-ventilador para a rede de dutos, sendo lançado no ambiente a ser umidificado através de grelhas de insuflamento.

A água em circulação no umidificador é armazenada em um tanque de inox; este tanque; é alimentado por uma válvula bóia para reposição de água no circuito, sua água é filtrada através de filtro estático e impulsionado para o BZS através de uma bomba centrífuga, seu consumo de água máximo no sistema é de 450L/h.

O ar insuflado no salão é retornado para o aparelho BZS através de damper de retorno automático ou escapa por aberturas para o exterior.

### 3.2.2.1 Funcionamento do Controle de Umidade e Temperatura

O controle é do tipo elétrico "Direct Digital Control" DDC. A atuação sobre os dampers de ar exterior e de retorno é feita através de atuadores automáticos e o funcionamento da bomba de água que determina a umidade relativa é constante. Caso a porcentagem de umidade no ambiente extrapole o valor pré-estabelecido, a bomba desligará automaticamente, controlando assim a umidade relativa desejada.

### 3.2.2.2 Umidade relativa

O sensor de umidade relativa situado no ambiente emite um sinal eletrônico para a Unidade de Controle (UC), onde um contato elétrico modula o atuador automaticamente. Este, por sua vez, atua na variação da vazão de ar nos dampers.

### 3.2.2.3 Temperatura

Não existe um controle rígido de temperatura, pois este sistema não funciona com água gelada. O sensor localizado no ambiente sente a temperatura e envia um sinal eletrônico para a Unidade de Controle (UC). Este sinal, por sua vez, é transformado através de um relê elétrico para um sinal de saída elétrico on-off, que atua sobre os atuadores automáticos dos dampers de retorno e ar exterior. O controle da temperatura evita que a temperatura durante os dias frios e noites não diminua demasiadamente, trabalhando com o ar de retorno. Em dias quentes, o retorno fecha, o damper de ar externo abre e o salão vai ficar com pressão positiva de 100%. Com o damper de retorno fechado o ar insuflado vai escapar por aberturas e frestas.

### 3.2.2.4 Condições externas

No verão;  
 Temperatura de bulbo seco.....35°C  
 Temperatura de bulbo úmido.....24°C

### 3.2.2.5 Vazão de ar insuflada

Área de escolha e embalagem.....165.000 m<sup>3</sup>/h

Figura 11 – Unidade de tratamento de Ar 07



Fonte: (UNIFI DO BRASIL, 2014).

A Unidade de Tratamento de Ar 07 (UTA07) não possui um sistema controlado para exaustão, existindo somente o ar de insuflamento com uma vazão de 165.000m<sup>3</sup>/h.

Em dias quentes o retorno fecha, o damper de ar externo abre e o salão fica com pressão positiva de 100%. Com o damper de retorno fechado o ar insuflado escapa por aberturas e frestas. (SULTEX, 1996).

### 3.3 Apresentação das soluções

Após o término da análise dos sistemas de ventilação existentes nos galpões e os problemas de correntes de ar internas que afetam o processo, foram propostas e apresentadas algumas medidas para direcionar corretamente os fluxos de ar nos galpões reduzindo e ou eliminando a contaminação dos processos de produção têxteis.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Abaixo seguem os resultados e discussão a cerca das etapas realizadas.

### 4.1 Fluxo de ar atual pelos sistemas de ventilação

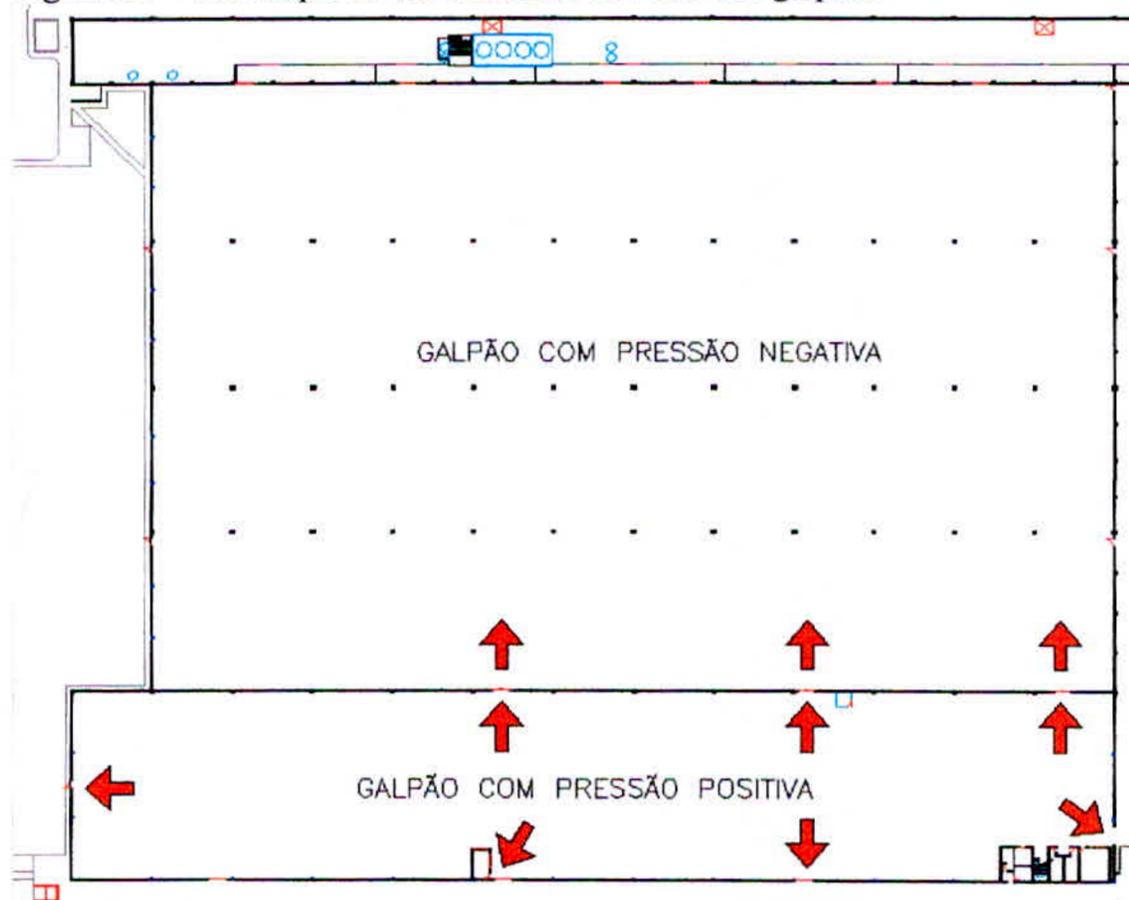
Assim como outros equipamentos e sistemas de ventilação a ser utilizado para regularizar as pressões internas dos galpões, mais de um tipo podem ser utilizados. A escolha depende dos custos envolvidos, a eficiência dos equipamentos e outros critérios.

O galpão de Texturização possui um insuflamento de 810.000 m<sup>3</sup>/h e exaustão de 670.000 m<sup>3</sup>/h, ou seja, o ar que o equipamento coloca no galpão é retirado com uma porção menor, porém, suficiente para realizar uma renovação de ar no ambiente.

O galpão de Armazém de Escolha e Embalagem possui um insuflamento de 165.000 m<sup>3</sup>/h e não possui um controle efetivo de exaustão, tornando-o um salão com 100% pressão positiva.

O ambiente mantendo pressão positiva e não possuindo algum duto ou porta para exaustão, o ar insuflado escapa em portas e frestas, sendo que as portas de contato são umas com o ambiente externo da fábrica e outras direto no galpão de texturização onde as máquinas estão com a matéria prima posicionada para o início do processo.

Figura 12 – Vista superior das correntes de vento dos galpões



Fonte: o autor

## 4.2 Implantação de Exaustores Eólicos

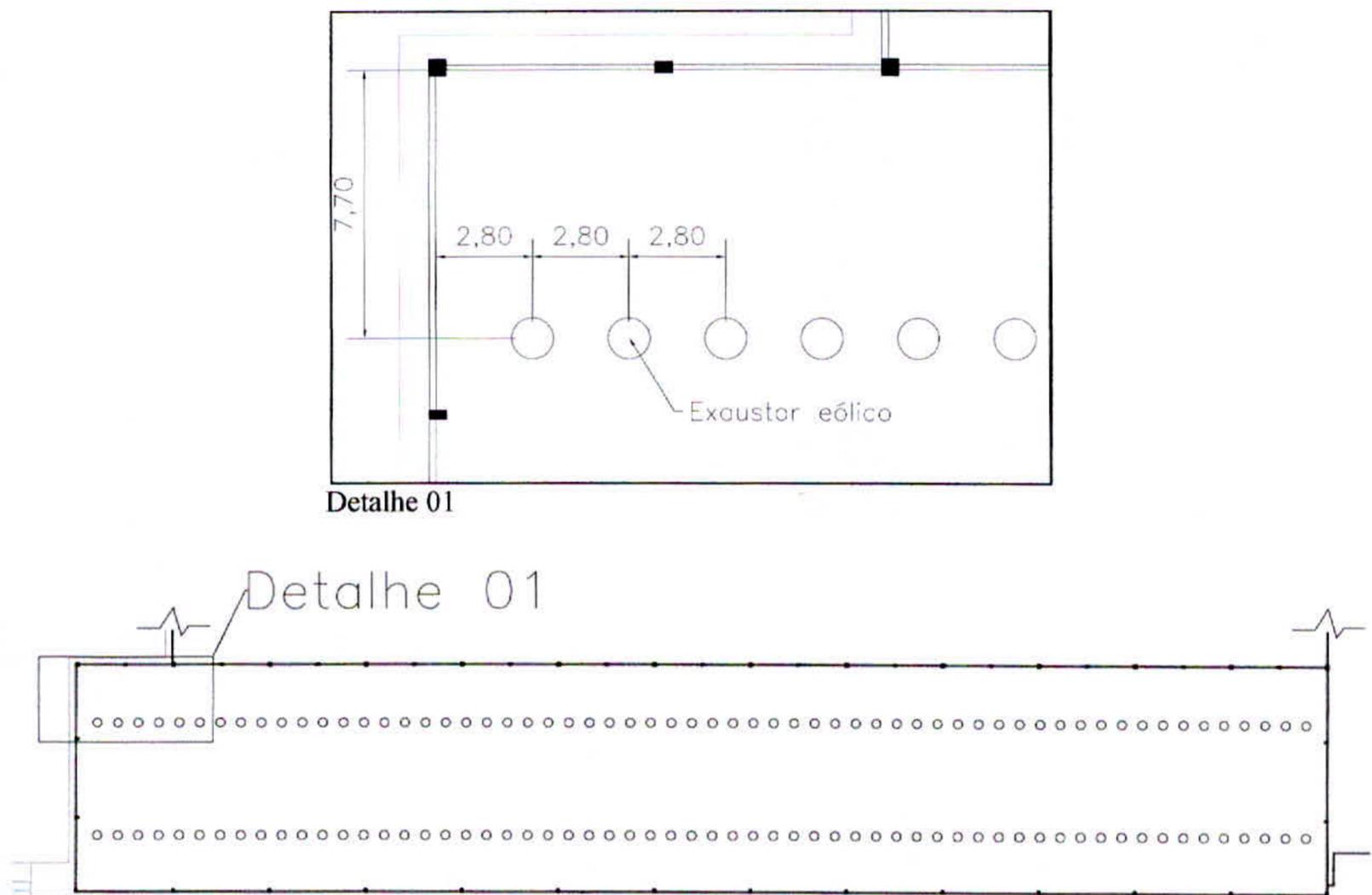
A utilização de Exaustores Eólicos no galpão de escolha e embalagem irá regularizar a pressão interna deste galpão mantendo uma maior troca de ar, eliminando impurezas e mantendo o ambiente com um conforto térmico efetivo.

Os Exaustores Eólicos Industriais possuem em média uma vazão de 4.000 m<sup>3</sup>/h e seu dimensionamento é feito da seguinte forma:

- Tipo do galpão
- Trocas de ar necessárias para o galpão a ser instalado segundo a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas - NB-10) e ASHRAE
- Volume do galpão x números de trocas de ar necessárias e divide pela vazão de ar do equipamento eólico.

Para o galpão de Armazém de Escolha e Embalagem a quantidade de exaustores eólicos necessários seriam de aproximadamente 120 exaustores.

Figura 13 – Vista superior do posicionamento dos 120 exaustores eólicos

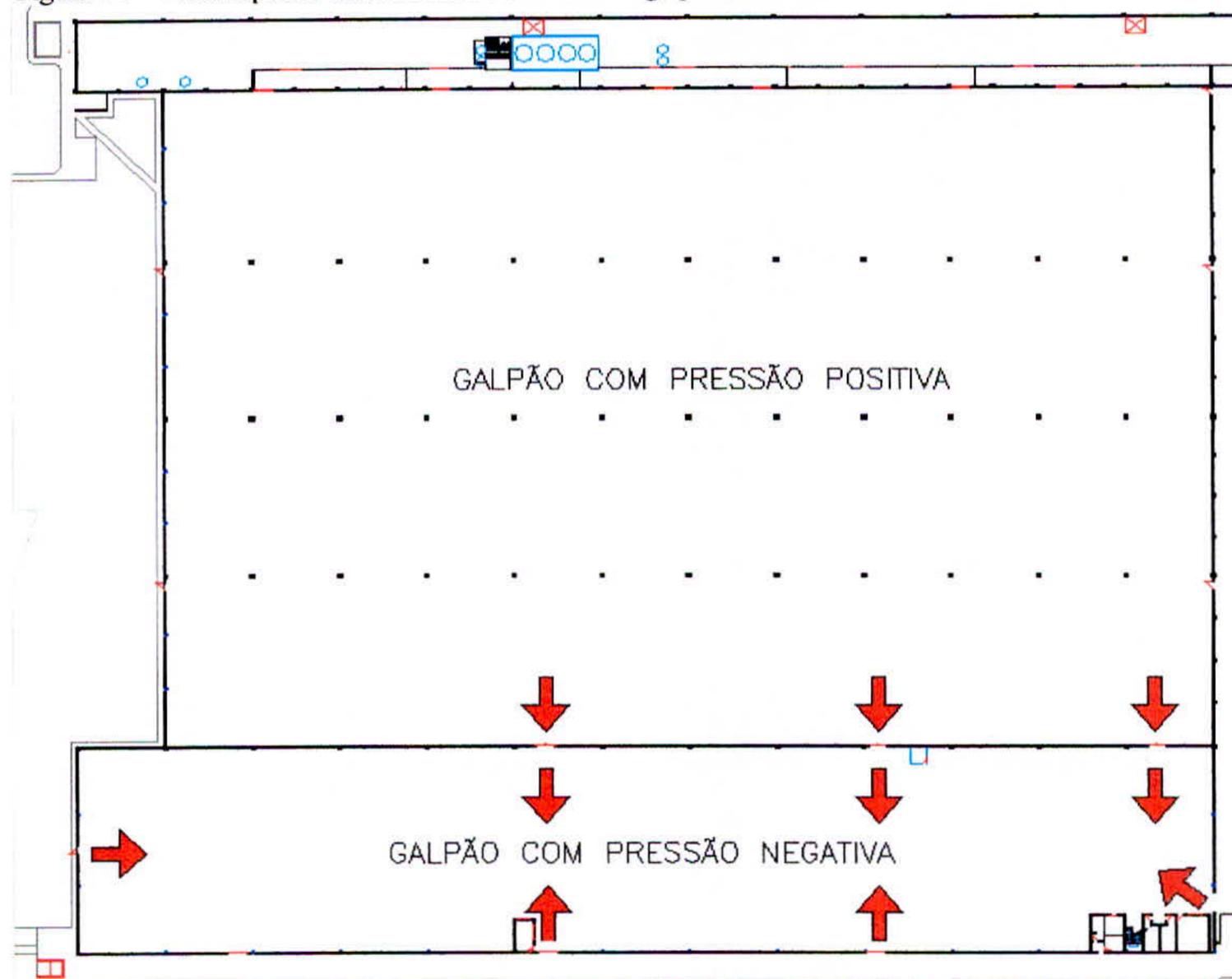


Fonte: o autor

### 4.3 Fluxo de ar pelos sistemas de ventilação proposto

Com a implantação dos exaustores eólicos no galpão de Armazém de Escolha e Embalagem, o valor de exaustão seria maior do que o insuflamento, tornando este galpão com pressão negativa e o galpão de Texturização com pressão positiva.

Figura 14 – Vista superior das correntes de vento dos galpões



Fonte: o autor

Os fluxos de corrente de ar junto a impurezas seriam destinados para os exaustores instalados no telhado do galpão.

Os exaustores eólicos translúcidos chegam a uma iluminação equivalente a uma lâmpada de 250w e a luminosidade de cada aparelho cobre uma área de 25m<sup>2</sup>.

## 5 CONCLUSÃO

Os sistemas de ventilação em galpões industriais são importantes para a climatização e processos que envolvem o ambiente. Por meio dos sistemas existentes e problemas que envolvem o processo, foi possível observar os métodos necessários para adequar os dois galpões analisados.

Especificamente, em uma indústria têxtil em questão, a matéria prima necessita de uma temperatura controlada para o processo de texturização, anulando quaisquer fatores externos como correntes de ar e agentes indesejados, Portanto é importante dimensionar um sistema no qual a matéria prima e o processo de fabricação têxtil não sejam influenciados por estes fatores apontados anteriormente.

Durante o estudo realizado para resolver os problemas envolvidos, outros métodos de solução foram mencionados, assim como aumentar a vazão de ar insuflada no galpão de texturização o que seria inviável no momento, pois seria a opção de maior investimento. Existem algumas empresas que possuem galpões confinados, livres de quaisquer agentes externos, posicionando câmaras em todos os acessos, opção esta que seria de melhor ajuste de pressão entre os galpões. O problema da utilização deste método é adequar os prédios e procedimentos atuais da empresa. Para remoção de ar do galpão de Escolha e Embalagem, outra opção seria os exaustores axiais, o que ocasionaria um consumo significativo de energia. Uma das vantagens de utilizar exaustores axiais seria um controle automatizado, com o decréscimo de pressão entre os galpões ele seria acionado ou desacionado.

Os exaustores eólicos possuem o benefício de utilizar a própria força do vento para realizar o trabalho, não havendo qualquer tipo de gasto para manter o seu funcionamento. Atualmente existem no mercado os exaustores translúcidos que apesar de ser mais caro do que os de alumínio, possui a vantagem de substituição de lâmpadas e geram uma economia de energia.

A vantagem da utilização dos exaustores translúcidos são que apesar de resolver os problemas de fluxo de ar indesejados no produto, uma boa quantidade de lâmpadas poderiam ser evitadas, fazendo com que a economia de energia em um determinado período de tempo cubra as instalações dos exaustores.

O problema encontrado nos exaustores eólicos são seus meios de vedação, impedindo qualquer acesso de chuva ou algum agente em seu interior e sua perda de carga devido a rotação por uma hélice fixa.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6123/1988**: Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 1988. jun.

MACINTYRE, Archibald Joseph. **Ventilação industrial e controle da poluição**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1990.

VALLE PEREIRA FILHO, H.; MELO, C. **Ventilação industrial**, 1992. (Apostila do curso de Engenharia Mecânica da UFSC).

MESQUITA, A.L.S.; GUIMARÃES, F.A. e NEFUSSI, N (1988) **Engenharia de ventilação industrial**. Ed. São Paulo, CETESB, 442 pgs.

SULTEX. **Manual de operação do equipamento**, (1996).

UNIFI DO BRASIL. **Programa de Treinamento para Novatos**. Alfenas, MG. 2014.

ROTIV, **Exaustores Eólicos**. 2010. Disponível em:  
<<http://www.rotiv.com.br/exaustor-eolico-rotiv/>> Acesso em: 15 maio 2014.

ASHLEY, S.; SHERMAN, M. **The Calculation of Natural Ventilation and Comfort**. ASHRAE Transactions, vol.90; Part 1B, Atlanta, 1984.

RENOVAR, **Exaustores Eólicos Translúcidos**. 2012. Disponível em:  
<<http://www.renovarventilacao.com.br/index.php/exaustor-eolico-renovar>> Acesso em: 16 maio 2014.

LÍDER EXAUSTORES, **Equipamentos para ventilação eólica**. 2010. Disponível em:  
<<http://www.liderexaustores.com.br/produtos>> Acesso em: 17 maio 2014.