

FERNANDO LUIZ DE FARIA XAVIER

**INFLUÊNCIA DAS VENTILAÇÕES GERAL DILUIDORA E LOCAL
EXAUSTORA NAS CONDIÇÕES DE SEGURANÇA E SAÚDE DOS
TRABALHADORES EM UMA EMPRESA PÚBLICA DO DISTRITO
FEDERAL**

São Paulo

2014

FERNANDO LUIZ DE FARIA XAVIER

**INFLUÊNCIA DAS VENTILAÇÕES GERAL DILUIDORA E LOCAL EXAUSTORA
NAS CONDIÇÕES DE SEGURANÇA E SAÚDE DOS TRABALHADORES EM UMA
EMPRESA PÚBLICA DO DISTRITO FEDERAL**

Monografia apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo,
para a obtenção do título de Especialista
em Engenharia de Segurança do Trabalho

São Paulo

2014

FICHA CATALOGRÁFICA

Xavier, Fernando Luiz de Faria

Influência das ventilações geral diluidora e local exaustora nas condições de segurança e saúde dos trabalhadores em uma empresa pública do Distrito Federal / F.L.F. Xavier. -- São Paulo, 2014.

91 p.

Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Programa de Educação Continuada em Engenharia.

1.Ambiente de trabalho 2.Segurança do trabalho 3.Saúde ocupacional 4.Ventilção 5.Exaustores 6.Calor I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Programa de Educação Continuada em Engenharia II.t.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Luis e Casilda, que dentro da sua simplicidade me indicaram o caminho para chegar até aqui, proporcionando os valores necessários para não me desviar dos objetivos almejados.

A minha esposa Denise e aos meus filhos Fernanda, Arthur e Guilherme que, mais uma vez, se sacrificaram com a ausência e entenderam que existe recompensa maior em se perseverar, mesmo com os obstáculos que surgem.

Aos grandes profissionais da área com os quais convivi e convivo, que se dedicam na busca pela integridade e saúde dos trabalhadores, sempre pautados por valores como profissionalismo, ética e senso de responsabilidade.

Aos milhares de trabalhadores que se acidentam todos os anos, pela falta de aplicação das técnicas de prevenção e proteção existentes, contribuindo, infelizmente, para a miséria social e impedindo o desenvolvimento pleno do Brasil.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me permitir chegar até aqui, com saúde e sensatez, além de ouvir minhas reclamações, na sua maioria, injustificadas.

Aos professores do PECE que, além de trazer inspirações necessárias para a escrita deste trabalho, possuem sabedoria ímpar e se mostram dispostos a ceder seus conhecimentos a todos.

À instituição em que trabalho, pelo incentivo para melhoria da carreira, fornecendo inclusive, o ambiente propício para o levantamento dos dados. Espero um dia poder retribuir essa pequena parte do conhecimento adquirido.

"...respira-se necessariamente uma atmosfera pestilenta à qual se incorporam os espíritos animais (cuja natureza deve ser etérea), inabilitando-os para a sua função, isto é, para a manutenção de toda a máquina vital"

Bernardino Ramazzini

RESUMO

Este trabalho teve como propósito avaliar se os sistemas de ventilação geral diluidora e local exaustora em instituição pública estão em conformidade com as respectivas normativas e literatura, atendendo a finalidade de manter as condições ambientais saudáveis, sem ocasionar agravo à integridade física dos trabalhadores. Após a revisão da literatura e identificação das ferramentas necessárias, foram definidos os ambientes com maior potencial de risco ocupacional relacionado aos contaminantes do ar. Passou-se então à classificação das tarefas executadas, juntamente com a análise dos aspectos construtivos e de operação dos equipamentos existentes. Então foram realizadas avaliações qualitativas e quantitativas relacionadas à umidade, temperatura e velocidade do ar, e os resultados comparados com os indicadores de segurança e saúde existentes, além da aplicação de questionário sobre a qualidade do ar fornecido aos escritórios. Concluiu-se que o agente físico calor não pode ser considerado insalubre, embora a ventilação exaustora não atenda as taxas recomendadas. Verificou-se também que os dispositivos não atendem as condições mínimas de projeto e necessitam de revisão em todo o conjunto instalado, além da implantação de rotinas para conservação e reparos. Por outro lado, o resultado da enquête mostrou sintomas típicos de deficiências na renovação do ar, confirmando a necessidade de alterações nos espaços de trabalho, visando não só a garantia da higidez como o aumento do conforto e da produtividade.

Descritores: Agentes físicos. Agentes Químicos. Ambiente de trabalho. Calor. Diluidor. Exaustor. Saúde Ocupacional. Segurança do trabalho. Temperatura. Ventilação.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate whether systems of dilutive local exhaust and general ventilation at a public institution are in accordance with the respective regulations and literature, serving the purpose of maintaining healthy environmental conditions without causing injury to the physical integrity of workers. After reviewing the literature and identifying the necessary tools, environments with greater potential occupational risk related to air contaminants have been identified. Attention then turned to the classification of the tasks performed, along with analysis of the constructive aspects and operation of existing equipment. So qualitative and quantitative assessments related to humidity, temperature and air velocity were performed, and the results compared with the existing safety indicators and health, in addition to a questionnaire about the quality of the air supplied to the offices. It was concluded that the physical agent heat can not be considered unhealthy, although the exhaust ventilation does not meet the recommended rates. It was also found that the devices do not meet the minimum requirements of the project and need revision throughout the whole installed, besides the implementation of routines for maintenance and repairs. Moreover, the poll results showed typical symptoms of deficiencies in the fresh air, confirming the need for changes in workspaces, aiming not only to guarantee the healthiness as increased comfort and productivity.

Key words: Physical agents. Chemical Agents. Work environment. Heat. Dilution. Hood. Occupational Health. Safety. Temperature. Ventilation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Sistema respiratório	18
Figura 2 - Medidor multigás modelo Gasalert Microclip-XT	21
Figura 3 - "Ábaco" ou Diagrama de Temperatura efetiva (Tef)	28
Figura 4 - Sistemas de ventilação geral diluidora e local exaustora	32
Figura 5 - Captor enclausurante tipo capela	33
Figura 6 - Cabine de pintura seca	34
Figura 7 - Exaustor receptor tipo coifa	34
Figura 8 - Exaustor receptor tipo lateral com fenda	35
Figura 9 - Coletor de câmaras gravitacionais	38
Figura 10 - Coletor tipo Ciclone	39
Figura 11 - Lavador de gases Venturi	39
Figura 12 - Coletor úmido tipo orifício ou misturador auto-induzido	40
Figura 13 - Ventilador centrífugo	41
Figura 14 - Ventilador centrífugo de pás radiais	41
Figura 15 - Ventilador centrífugo pás para trás	41
Figura 16 - Ventilador centrífugo de pás para frente	42
Figura 17 - Ventiladores axiais	42
Figura 18 – Vista aérea do edifício sede da Companhia	56
Figura 19 – Umidificadores instalados no saguão principal do subsolo onde fica o restaurante	58
Figura 20 - Visão geral da marcenaria com seccionadora para cortes de chapas e compensados	59
Figura 21 - Detalhe da marcenaria com serra circular e desempenadeira (ao fundo)	59
Figura 22 - Detalhe do armazenamento inadequado de madeira no mezanino da marcenaria	59
Figura 23 - Visão geral dos exaustores tipo coifa sobre o fogão industrial e grelha elétrica	60
Figura 24 - Detalhe do captor tipo lateral sobre o forno a gás	60
Figura 25 - Detalhe da tubulação do SVLE dos fogões	66
Figura 26 - Fluxo de ar do sistema chapa/grelha	66
Figura 27 - Conjunto ventilador-chaminé do SVLE da cozinha	67
Figura 28 - Avaliação de calor na cozinha	68
Figura 29 - Conjunto exaustor motoventilador instalado para a seccionadora	70
Figura 30 - Tubulação improvisada entre o ventilador e captor de poeira	71
Figura 31 - Avaliação ambiental de calor na marcenaria	72
Figura 32 - Unidade da ouvidoria sem janelas ou caixilhos	74
Figura 33 - Gráfico sobre os resultados da questão 1	75
Figura 34 - Gráfico sobre os resultados da questão 2	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição média do ar atmosférico	19
Tabela 2 - Volume minuto de ar para atividades executadas por adultos	21
Tabela 3 - Especificações sensor de oxigênio GasAlert modelo MicroclipXT	21
Tabela 4 - Taxas de metabolismo por tipo de atividade	24
Tabela 5 - Limites de Tolerância para exposição ao calor, em regime de trabalho intermitente	30
Tabela 6 - Critério de análise simplificada para exposição a sobrecarga térmica.....	31
Tabela 7 - Tipos de captores e fórmulas para cálculo da vazão de exaustão.....	37
Tabela 8 - Velocidades do ar em canalizações	38
Tabela 9 - Condições internas para o verão	44
Tabela 10 - Taxas de ventilação	45
Tabela 11 - Escala de sensações térmicas	47
Tabela 12 - Fator de efetividade de distribuição do ar - fator K.....	48
Tabela 13 - Velocidades de captura e vazão de ar.....	68
Tabela 14 - Resultados da avaliação ambiental de calor	69
Tabela 15 - Resultados da avaliação ambiental de calor na marcenaria	72
Tabela 16 - Avaliações quantitativas dos agentes ambientais na marcenaria	73

LISTA DE DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABHO	Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACGIH	<i>American Conference of Governmental Industrial Hygienists</i>
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
ASHRAE	<i>American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers</i>
BEI®	Biological Exposure Indices (Índices Biológicos de Exposição)
CIPA	Comissão Interna de Prevenção de Acidentes
Clo	Tipo de roupa usado pelas pessoas, que determina a resistência térmica média à troca de calor do corpo com o ambiente. 1 clo = 0,155 m ² K/W
CNAE	Classificação Nacional de Atividades Econômicas
CNTP	Condições Normais de Temperatura e Pressão
EPR	Equipamento de Proteção Respiratória
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
IBUTG	Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo
IDHL	<i>Immediately Dangerous to Health and Life</i>
IPVS	Imediatamente Perigoso à Vida e à Saúde
LT	Limite de Tolerância
MET	Representa o gasto energético na condição de repouso em função do peso corporal. Equivale a 58,2 W/m ² ou 50 Kcal/m ² .h
MS	Ministério da Saúde
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
NR	Norma Regulamentadora
OMS	Organização Mundial da Saúde
PPPs	Parcerias Público-Privadas
PPRA	Programa de Prevenção de Riscos Ambientais
RE	Resolução
SEESMT	Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho
SVGD	Sistema de Ventilação Geral Diluidora

SVLE	Sistema de Ventilação Local Exaustora
TBS	Temperatura de Bulbo Seco
TBU	Temperatura de Bulbo Úmido
TEC	Temperatura Efetiva Corrigida
Tef	Temperatura efetiva
TG	Temperatura de Globo
TLV®	Thresrold Limit Values (Limites de Exposição Ocupacional)
TWA®	<i>Time Weighted Average</i> , ou média ponderada no tempo, geralmente para oito horas de trabalho/dia
USP	Universidade de São Paulo
VDG	Ventilação Geral Diluidora
VLE	Ventilação Local Exaustora

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	OBJETIVO.....	15
1.2	JUSTIFICATIVA	16
2	REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1	O SISTEMA RESPIRATÓRIO.....	17
2.2	COMPOSIÇÃO DO AR ATMOSFÉRICO	19
2.2.1	Pressões parciais dos componentes	19
2.3	CONSUMO DE AR.....	20
2.4	RISCOS À RESPIRAÇÃO.....	22
2.4.1	Definição e classificação dos contaminantes	23
2.5	METABOLISMO HUMANO	24
2.6	TROCAS TÉRMICAS COM O AMBIENTE.....	25
2.7	CONFORTO TÉRMICO	26
2.8	TEMPERATURA EFETIVA	27
2.8.1	Temperatura efetiva corrigida (TEC).....	28
2.9	LIMITES DE TOLERÂNCIA PARA EXPOSIÇÃO AO CALOR	29
2.10	VENTILAÇÃO.....	30
2.10.1	Componentes de um SLVE.....	33
2.10.1.1	Captores.....	33
2.10.1.2	Rede de dutos.....	35
2.10.1.3	Coletores.....	38
2.10.1.4	Conjunto ventilador - motor - chaminé	40
2.11	NECESSIDADES HUMANAS DE VENTILAÇÃO.....	43
2.11.1	Taxas de ventilação	46
2.11.1.1	Para retirada de calor e manutenção do conforto térmico.....	46
2.11.1.2	Para proteção da saúde e diluição de poluentes a valores aceitáveis	47
2.12	EFEITOS E DOENÇAS CAUSADAS PELO CALOR E INFLUÊNCIA DA VENTILAÇÃO.....	49
2.13	EFEITOS PROVOCADOS POR AGENTES QUÍMICOS E SUA CORRELAÇÃO COM A VENTILAÇÃO	50
3	MATERIAL E MÉTODO.....	52
3.1	ESCOPO INICIAL	52
3.2	CARACTERIZAÇÃO DA INSTITUIÇÃO ESTUDADA	53
3.2.1	Estrutura física	55

3.2.2 SEESMT e CIPA	56
3.2.3 Dos ambientes e sistemas de ventilação identificados e analisados	57
3.2.3.1 Marcenaria	58
3.2.3.2 Cozinha	60
3.2.3.3 Núcleo de Próprios - NUPRO.....	61
3.2.3.4 Ouvidoria - OUVID	61
3.2.3.5 Gerência de Contabilidade - GECOT	61
3.2.4 Jornadas de trabalho exercidas.....	61
3.3 INSTRUMENTAL UTILIZADO	62
3.4 IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS	62
3.5 MEDIDAS DE CONTROLE DOS RISCOS.....	63
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	65
4.1 DOS AMBIENTES QUE POSSUEM SVGD E SVLE.....	65
4.1.1 Cozinha	65
4.1.1.1 Avaliação Qualitativa.....	65
4.1.1.2 Avaliação quantitativa	67
4.1.1.3 Recomendações	69
4.1.2 Marcenaria	70
4.1.2.1 Avaliação Qualitativa.....	70
4.1.2.2 Avaliação quantitativa	71
4.1.2.3 Recomendações	73
4.2 DOS AMBIENTES QUE POSSUEM APENAS SVGD PARA MANUTENÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO	74
4.2.1 Análise qualitativa	74
4.2.2 Da Análise quantitativa.....	74
4.2.2.1 Resultado dos questionários	75
4.2.2.2 Recomendações	76
5 CONCLUSÕES	78
REFERÊNCIAS.....	79
Anexo 1 - QUESTIONÁRIO CONSTANTE DA NORMA BRASILEIRA NBR 16401-3: 2008 DA ABNT (MODELO A.2)	83
Anexo 2 - CROQUI DOS EQUIPAMENTOS INSTALADOS NA COZINHA	84
Anexo 3 - LAUDO DE MEDIÇÃO DE MONÓXIDO DE CARBONO (CO), DO PROGRAMA DE PREVENÇÃO DE RISCOS AMBIENTAIS – PPRA	85
Anexo 4 - CERTIFICADOS DE CALIBRAÇÃO DOS APARELHOS UTILIZADOS	87

1 INTRODUÇÃO

Sem dúvida, um dos elementos essenciais à vida é o oxigênio. Relata Torloni e Vieira (2003), que o corpo humano suporta até alguns dias sem comida ou água, mas apenas alguns minutos sem oxigênio são suficientes para vir a óbito. E não basta a simples presença ambiental. Faz-se necessário também que a sua temperatura, pressão e ausência de contaminantes estejam dentro de certos valores para que as trocas gasosas ocorram no interior dos pulmões e, conseqüentemente, ocorra o metabolismo nas células. Acontece que diversos processos produtivos e industriais alteram tais variáveis, fazendo com que as pessoas sejam expostas a condições potencialmente perigosas a vida e à saúde. E ainda assim essas tarefas precisam e devem ser realizadas. Neste contexto, as medidas de controle de engenharia como ventilação geral diluidora e local exaustora são eficientes para manter os padrões necessários, sem interferir nas operações fabris. No entanto, para que o trabalhador se mantenha sem alterações significativas na sua integridade física durante sua vida laboral, é imprescindível que, além de um projeto adequado, que as características iniciais do sistema, tais como a retirada de contaminantes e manutenção da temperatura ambiente sejam perenes. Quando isso não ocorre, diversas reações podem surgir, desde um simples desconforto com sudorese, até um choque térmico, no caso da exposição do organismo ao calor.

1.1 OBJETIVO

Este trabalho tem como meta avaliar, em uma empresa pública do DF, se os sistemas de ventilação instalados para a retirada de aerossóis, reposição de ar exaurido e controle do calor estão em conformidade com as normativas nacionais e internacionais e com boas práticas contidas em estudos e literatura nacional e internacional, atendendo a finalidade de manter as condições ambientais de temperatura, velocidade e umidade do ar e nível de contaminantes dentro de certos limites, não ocasionando nenhum agravo à saúde dos trabalhadores submetidos a tais condições. Adicionalmente, pretende-se contribuir para a melhoria do sistema através da indicação de eventuais medidas complementares, tanto nas condições de projeto quanto na operação do sistema, visando à manutenção da integridade física, aumento do conforto e da produtividade dos trabalhadores em questão.

1.2 JUSTIFICATIVA

Não há como se atingir alto grau de desempenho em qualquer ramo de atividade sem levar em conta o principal fator de transformação: o capital humano. E nesse sentido, além do desenvolvimento e evolução inerentes a qualquer pessoa, é preciso cuidar para não atentar contra a sua integridade física. Atualmente, normas, decretos e leis protegem a segurança e saúde das pessoas no ambiente de trabalho, tanto no plano nacional como no internacional. Indenizações previstas em códigos jurídicos, aplicadas pelos tribunais ao julgarem ações de reparação de dano também intimidam empreendimentos inescrupulosos ocupacionalmente e podem inviabilizar os negócios devido ao montante atingido, haja vista catástrofes como a de Bophal. Mas a grande oferta de mão-de-obra, aliada à falta de qualificação pode levar a condições extremas na busca pela sobrevivência, onde os riscos são, muitas vezes, subestimados ou ignorados por quem assume uma organização.

Por outro lado, as instituições procuram instalar medidas preventivas contra contaminantes dispersos no ar tais como: coletores, exaustores, ventiladores, umidificadores e condicionadores de ar, visando atender as legislações e trazer mais conforto aos seus empregados. Uma questão então é pertinente: qual a garantia de que esses sistemas foram instalados adequadamente e mantém o nível de proteção adequado? A relevância do tema também foi despertada a partir da exposição dos dez capítulos na matéria de higiene do trabalho, da pós-graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho da Universidade de São Paulo, pelo qual esta monografia pretende finalizar o curso, utilizando-se dos conhecimentos adquiridos. E finalmente, outro motivador para elaboração deste trabalho foram os inúmeros indícios e queixas recebidos informalmente de operários nas empresas que atuei como Técnico em Segurança no Trabalho. Muitas vezes, o uso de um equipamento de proteção respiratória de baixa qualidade era insistentemente cobrado pelos gestores, mas não havia a consciência quanto à necessidade de investimento em sistemas que pudessem remover coletivamente os contaminantes ou manter o conforto ambiental de maneira mais eficiente e com menor custo benefício.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O SISTEMA RESPIRATÓRIO

O sistema respiratório humano pode ser dividido em três partes ou regiões, se distinguindo quanto à estrutura, perfil de escoamento do ar, funções e sensibilidade perante as partículas depositadas. Na primeira parte estão o nariz, a boca, a faringe e a laringe. Segundo Torloni e Vieira (2003, p. 36-60), nesta região o ar é aquecido até 37°C e umedecido com vapor de água até quase atingir a saturação. As partículas maiores que 10 µm ficam retidas nos pêlos nasais. Por todo o sistema condutor até os alvéolos pulmonares existe um muco, que é produzido pelas células calciformes e glândulas mucosas. Sua função é fornecer vapor de água ao ar e reter as partículas que não ficaram presas nos pêlos.

A segunda região, denominada traqueobrônquica, vai desde a laringe até os bronquíolos terminais. Lá se situa a traqueia, tubo com anéis cartilagosos empilhados em forma de duto, medindo 12 cm de comprimento, 1,7 cm de diâmetro e que se subdivide em dois brônquios, que por sua vez se subdividem em bronquíolos, chegando até os bronquíolos terminais. Ainda de acordo com Torloni & Vieira (2003, p. 36-60), a vazão do ar que chega ao nariz, de aproximadamente de 20 l/min para um trabalho leve, reduz-se a 0,08 cm/s nos alvéolos, alterando os mecanismos de deposição das partículas que chegam transportadas pelo ar inalado através das ações gravitacional, inércia e movimento browniano. Os cílios, que recobrem todas as vias condutoras e se intercalam com o muco, removem partículas e microrganismos depositados através de oscilação coordenada e com velocidade aproximada de mil vezes por minuto, levando-os até a zona de deglutição e passando-os para o trato gastrointestinal. A figura 01 ilustra resumidamente o sistema respiratório dos seres humanos.

A terceira região é onde efetivamente ocorre a troca gasosa entre o ar e o sangue. Denominada região alveolar, constituem-se de bronquíolos respiratórios, dutos alveolares, os átrios, os alvéolos e sacos alveolares. Estes últimos são como pequenas bolsas, com espessura de 0,2 a 0,6 µm, formadas por tecido elástico e permeável aos gases, sendo responsáveis pela estrutura esponjosa dos pulmões. As paredes entre dois alvéolos podem conter orifícios chamados de "poros de Kohn", que fazem intercomunicação para igualar a pressão ou realizar circulação de

ar, quando houver alguma obstrução entre os alvéolos. O número estimado de alvéolos de um adulto chega a 300 milhões e a área de troca gasosa varia entre 100 e 300 m² entre a inspiração e a expiração, respectivamente. Devido à incapacidade do corpo em armazenar oxigênio, as trocas gasosas com o sangue são instantâneas, exigindo uma grande área alveolar. Dentro dos alvéolos estão os macrófagos, células do tecido conjuntivo responsáveis por agir na defesa do organismo contra infecções, fagocitando elementos estranhos ao corpo e migrando até a faringe onde são deglutidos. No entanto algumas substâncias não são facilmente eliminadas e permanecem no tecido alveolar contendo material fagocitado, a exemplo da sílica e do asbesto.

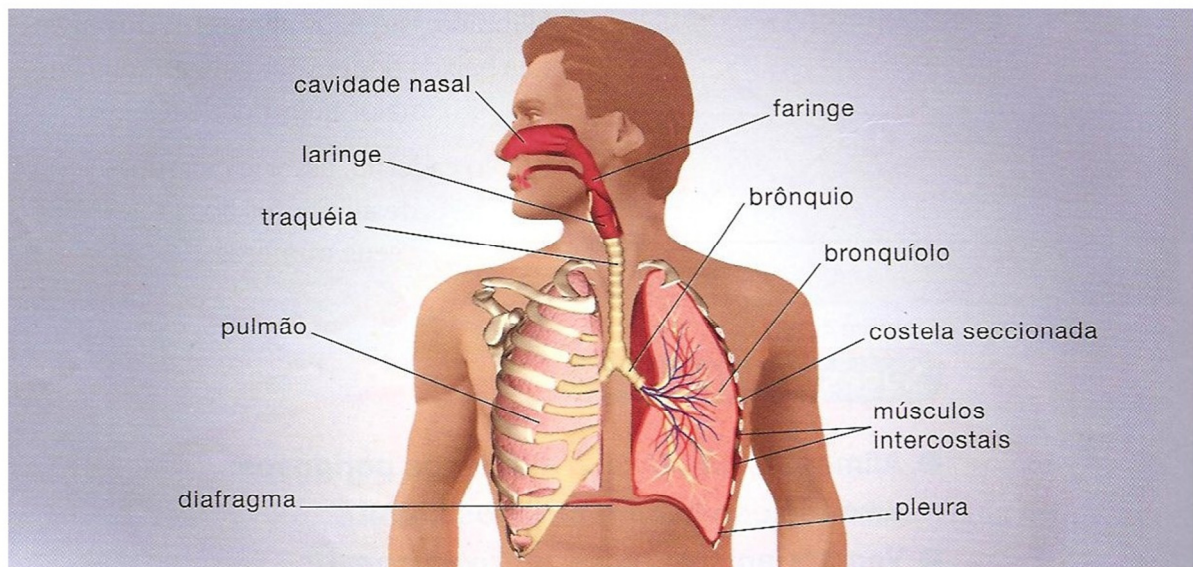


Figura 1 - Sistema respiratório
Fonte: (BIOLOGIA, 2011)

Através da combinação de movimento muscular e descida do diafragma, acionado por impulsos nervosos, a inspiração é criada. O ar penetra pelas fossas nasais e passa por todos os dutos das vias aéreas, enchendo os pulmões e, conseqüentemente, inflando os alvéolos. Estes deixam o ar rico em oxigênio passar e em seguida se contraem, eliminando o ar com maior teor de gás carbônico. Com o relaxamento do diafragma, o pulmão é comprimido e o ar dos alvéolos retorna para o ambiente. Durante todo este ciclo os alvéolos mantêm o nitrogênio, que não participa do processo metabólico, mas mantém as cavidades infladas.

2.2 COMPOSIÇÃO DO AR ATMOSFÉRICO

O ar atmosférico respirável (ar puro), em condições normais de temperatura e pressão (CNTP) é uma composição de vários gases conforme apontado por Costa (2005, p. 2-11):

Tabela 1 - Composição média do ar atmosférico	
SUBSTÂNCIA	PERCENTUAL (%)
Nitrogênio (N ₂)	78,03
Oxigênio (O ₂)	20,99
Dióxido de Carbono (CO ₂)	00,03
Água (H ₂ O)	00,47
Outros Gases	00,48

Fonte: (COSTA, 2005), com adaptações

O ar presente nos locais habitados, chamado comumente de ar ambiente, não tem a mesma composição de ar puro, apresentando alterações que podem torná-lo inadequado para a respiração. Chama-se ambiente salubre, aquele em que o ar contido apresenta propriedades físicas e químicas (pressão, temperatura, umidade e movimentação) que possibilitam o desenvolvimento da vida (COSTA, 2005, p. 2-11).

À camada de ar que envolve a Terra, que possui espessura de 500km e que exerce pressão sobre as camadas inferiores, denominamos pressão atmosférica. Ao nível do mar a pressão atmosférica média é de, aproximadamente 101.322 N/m². Tal pressão sofre alterações quando são feitos deslocamentos verticais a partir da superfície do globo terrestre, como consequência da redução ou aumento do peso da camada de ar que envolve o nosso planeta.

2.2.1 Pressões parciais dos componentes

A composição do ar seco em forma gasosa é homogênea, variando a pressão dos seus componentes com a pressão atmosférica. Considerando que o oxigênio e o nitrogênio correspondem a mais de 99% do ar, somente esses gases são suficientes para a respiração. O ar também possui vapor de água, variando segundo a altitude, a temperatura e umidade relativa do ar, entre 0 e 2,3% (saturado) ao nível do mar. Para a fisiologia da respiração, a grandeza mais significativa é a pressão parcial de oxigênio presente no ar pois, mesmo ambientes que possuem 20,9% de oxigênio podem ser fatais, em razão da sua ausência para a respiração. Generalizando o ar atmosférico seco a uma pressão total de,

aproximadamente, 760mmHg e a sua mistura composta pelos gases oxigênio, nitrogênio e dióxido de carbono, teremos as seguintes pressões parciais respectivamente:

$$ppO_2 = \frac{20,9 \times 760}{100} = 159mmHg \quad (\text{eq. 01})$$

$$ppCO_2 = \frac{0,04 \times 760}{100} = 3mmHg \quad (\text{eq. 02})$$

$$ppN_2 = \frac{79,06 \times 760}{100} = 598mmHg \quad (\text{eq. 03})$$

As pressões parciais de oxigênio podem, como já afirmado, variar conforme a altitude. Mesmo ambientes com 20,95% de oxigênio podem apresentar pressão parcial da ordem de 95mmHg, como no caso de altitudes de 4200m acima do nível do mar. Nestes locais a pressão atmosférica cai a 450mmHg e alteram a composição do ar, causando um aumento da frequência respiratória e provocando sonolência, lassidão, fadiga mental, cefaléia, náuseas e até euforia. Esses sintomas são diretamente proporcionais ao aumento da altitude para indivíduos não aclimatados. A falta de oxigênio no sangue também causa a produção de glóbulos vermelhos, aumentando o volume sanguíneo.

A circulação dos gases nos pulmões são feitas pelos alvéolos, através da passagem do oxigênio inspirado para o sangue e do dióxido de carbono do sangue para os pulmões, simultaneamente. Esse processo só é possível graças à diferença das respectivas pressões parciais entre a membrana permeável que divide os alvéolos dos capilares pulmonares. Por isso, quando uma pessoa executa algum trabalho pesado fisicamente, a concentração de equilíbrio do oxigênio nos pulmões e a pressão parcial no sangue podem ser menores que nos alvéolos. Já o nitrogênio, apesar de não ter nenhuma função, age como diluente inerte, mantendo cavidades infladas e evitando que o consumo do ar pelo sangue contraia tais cavidades, provocando dor e outras consequências.

2.3 CONSUMO DE AR

O ar respirado por um ser humano adulto é denominado volume minuto e, juntamente com a frequência respiratória e os batimentos cardíacos, aumentam com a atividade física, variando desde 5 litros por minuto, em repouso, até 130 litros, na realização de trabalhos extenuantes. A tabela 2 traz alguns exemplos do volume minuto para atividades executadas por um indivíduo adulto. Deve-se considerar

também que, a vazão de pico ou vazão de pico inspiratória é de 3 vezes o volume minuto (CEN *apud* TORLONI & VIEIRA, 2003, p. 36-60).

Tabela 2 - Volume minuto de ar para atividades executadas por adultos

ATIVIDADE	VOLUME MINUTO (L/min)
Deitado	006,0
Em pé	009,3
Trabalho leve	016,0
Trabalho médio	029,2
Trabalho medianamente pesado	040,0
Correndo 13 km/h	050,0
Trabalho pesado	059,2
Trabalho máximo	132,0

Fonte: PRITCHARD, *apud* TORLONI & VIEIRA, 2003, p. 36-60, adaptado

Os níveis de oxigênio ambiental são avaliados em percentuais através de medidores instantâneos de nível de oxigênio. Em geral esses aparelhos são capazes de realizar o monitoramento instantâneo de múltiplos gases, de acordo com o tipo de operação ou ambiente. A figura 02 e a tabela 03 exemplificam um modelo de medidor multigás disponível no mercado.

Tabela 3 - Especificações sensor de oxigênio GasAlert modelo MicroclipXT

MÉTODO DE MEDIÇÃO	SENSOR ELETROQUÍMICO
Para O ₂	Faixa: 0 a 30% de O ₂ Resolução: 0,1% de O ₂ em volume Princípios de medição de O ₂ : Sensor de concentração com controle capilar

Fonte: (TECHNOLOGIES, 2010)



Figura 2 - Medidor multigás modelo Gasalert Microclip-XT
Fonte: (TECHNOLOGIES, 2010)

2.4 RISCOS À RESPIRAÇÃO

A Norma Brasileira 12.543 (ABNT, 1999), classifica os riscos respiratórios nos locais de trabalho em duas categorias: deficiência de oxigênio e/ou presença de agentes químicos. Algumas definições são importantes para ambos os riscos:

a. Atmosfera normal: é aquela que possui 20,9% de oxigênio e aproximadamente 79,1% de nitrogênio em volume;

b. Atmosfera IPVS (ou IDHL) - Imediatamente Perigoso à Vida ou à Saúde: qualquer atmosfera que apresente risco imediato à vida ou produza imediato efeito debilitante à saúde;

c. Condição IPVS: Qualquer condição que coloque em risco imediato de morte ou que possa resultar em efeitos à saúde irreversíveis ou imediatamente severos ou que possam resultar em dano ocular, irritação ou outras condições que possam impedir a saída de um espaço confinado;

d. Atmosfera explosiva: aquela provocada por agentes químicos no qual a concentração de gás, vapor ou particulado está na faixa de explosividade da substância ou da mistura;

e. Deficiência de oxigênio: atmosfera contendo menos de 20,9 % de oxigênio em volume na pressão atmosférica normal, a não ser que a redução do percentual seja devidamente monitorada e controlada;

f. Espaço confinado: é qualquer área ou ambiente não projetado para ocupação humana contínua, que possua meios limitados de entrada e saída, cuja ventilação existente é insuficiente para remover contaminantes ou onde possa existir a deficiência ou enriquecimento de oxigênio. São exemplos: galerias de esgoto, silos, tanques de armazenamento, tubulações, reservatórios, etc.;

g. Inertização: deslocamento da atmosfera existente em um espaço confinado por um gás inerte, resultando numa atmosfera não combustível e com deficiência de oxigênio.

A deficiência do oxigênio é um risco relativamente comum nos processos produtivos da indústria e no agronegócio, principalmente onde existem espaços confinados. A ausência de sinais para identificá-la, pode levar a morte de trabalhadores devido à falta de capacidade do cérebro de repor as células mortas. Efeitos imperceptíveis começam a surgir quando o nível de oxigênio está entre 21% e 19,5%, sendo que abaixo de 18% o ambiente é considerado legalmente como

deficiente de oxigênio, não sendo permitido o uso de EPR do tipo purificadores de ar.

2.4.1 Definição e classificação dos contaminantes

Agentes químicos presentes nos ambientes ocupacionais em geral são substâncias ou compostos em altas concentrações na forma de sólidos, líquidos gases e vapores. Também pode-se acrescentar os agentes biológicos, organismos vivos como fungos, bactérias, parasitas, protozoários e vírus, que podem estar associados aos agentes químicos e que também são capazes de provocar doenças. A seguir uma breve definição desses agentes, seguindo literatura especializada.

a. Poeiras – Formadas por partículas sólidas em suspensão. São produzidas pela desintegração mecânica de substâncias em operações de britagem, moagem, trituração, esmerilhamento, peneiramento, fundição ou demolição. Quanto menor a partícula, mais tempo ficará suspensa no ar, permitindo a inalação. A menor partícula visível é de 50 µm. Exemplos: asbesto, sílica, chumbo, madeira e cereais;

b. Névoas – São partículas líquidas em suspensão na ar, formadas pela condensação de vapores ou dispersão mecânica de líquidos. Exemplos: névoa de ácidos, de tinta pulverizada através de "sprays";

c. Fumos – São partículas formadas através da condensação de sólidos em estado gasoso, após a volatilização de uma substância fundida. Exemplos: fumos de óxido de zinco nas operações de soldagem de metais;

d. Neblinas – São a suspensão de partículas líquidas no ar produzidas pela condensação do vapor de um líquido, em geral volátil. É mais facilmente percebida como fenômeno meteorológico (cerração ou orvalho);

e. Gases – É um dos estados da matéria, não possui forma e volume próprios e tende a expandir-se, sendo considerado em alguns casos como aerodispersóides. Exemplo: GLP (gás liquefeito de petróleo), gás sulfídrico e cianídrico, etc.

f. Fumaça – São aerossóis que resultam da combustão incompleta de materiais orgânicos. Contém partículas sólidas de carbono e líquidas provenientes da condensação de vapores (MACINTYRE, 1990, p. 4)

2.5 METABOLISMO HUMANO

Pode-se dizer, de forma genérica, que o corpo humano é um conjunto de bilhões de células que "queimam" o alimento que chega do aparelho digestivo, na forma de açúcar transportado pelo sangue. O oxigênio para queimar o combustível é captado pelo ar e chega, através dos alvéolos, a corrente sanguínea. O resultado dessa combinação é a produção de água, dióxido de carbono e energia, esta última consumida na realização de atividade muscular e na manutenção das funções fisiológicas vitais. O consumo de energia para aquecimento do corpo é muito maior que aquele necessário aos trabalhos mecânicos. Os problemas respiratórios e doenças como pneumoconioses, que são causadas pelo acúmulo de partículas nos alvéolos, diminuem a quantidade de oxigênio que chega às células, provocando aumento da frequência respiratória e dos batimentos cardíacos, causando doenças crônicas ao sistema cardiovascular (TORLONI e VIEIRA, 2003, p. 36 a 60). A energia produzida pelo metabolismo depende da quantidade de esforço para realização da mesma. A tabela 04, extraída do anexo 3 da Norma Regulamentadora (NR) 15 do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), relaciona atividades e as respectivas taxas de metabolismo.

Tabela 4 - Taxas de metabolismo por tipo de atividade

TIPO DE ATIVIDADE	Kcal/h*
SENTADO EM REPOUSO	100
TRABALHO LEVE	
Sentado, movimentos moderados com braços e tronco (ex.: datilografia)	125
Sentado, movimentos moderados com braços e pernas (ex.: dirigir)	150
De pé, trabalho leve, em máquina ou bancada, principalmente com os braços	150
TRABALHO MODERADO	
Sentado, movimentos vigorosos com braços e pernas	180
De pé, trabalho leve em máquina ou bancada, com alguma movimentação	175
De pé, trabalho moderado em máquina ou bancada, com alguma movimentação	220
Em movimento, trabalho moderado de levantar ou empurrar	300
TRABALHO PESADO	
Trabalho intermitente de levantar, empurrar ou arrastar pesos (ex.: remoção com pá)	440
Trabalho fatigante	550

* 0,86 Kcal/h=1 W=0,239 cal/s=0,10197 kgm/s=1 joule/s

Fonte: (MTE, 1978)

2.6 TROCAS TÉRMICAS COM O AMBIENTE

O excesso de energia produzida pelo metabolismo é transformado em calor que deve ser liberado para o meio ambiente, a fim de manter a temperatura interna do corpo constante. Os mecanismos de trocas térmicas do corpo com o ambiente são:

a. Condução: Troca térmica entre dois corpos, geralmente sólidos, em contato. No organismo essas trocas são insignificantes e ocorrem por contato com o corpo com ferramentas e com as superfícies;

b. Convecção: Troca térmica realizada entre dois fluidos por diferença de densidade provocada pelo aumento da temperatura. Quando o ar circulante possui temperatura inferior à do corpo este transfere calor provocando ascensão do ar que é ocupado pelo ar mais frio, completando o ciclo;

c. Radiação: Transmissão de energia da superfície quente para a fria através da emissão de radiação infravermelha, até o alcance do equilíbrio. Corresponde a maioria das trocas totais;

d. Evaporação: Troca de calor produzida pela evaporação da umidade (suor). Esse fenômeno é realizado pelas glândulas sudoríparas, que fazem com que a transpiração, facilitada pela vasodilatação periférica, ceda calor do corpo, resfriando a pele. Quando a temperatura do ambiente está mais alta que a do corpo, a evaporação é o único meio de perda de calor eficaz pois, nesse momento, os demais mecanismos estão cedendo calor para o corpo.

A equação 04, denominada equação de equilíbrio térmico, fornece o mecanismo segundo o qual o nosso organismo ganha ou perde calor para o meio (USP, 2012c, p. 241 a 282):

$$M(\pm)C(\pm)R - E = S \quad (\text{eq. 04})$$

Onde,

M - Calor produzido pelo metabolismo, sendo um calor sempre ganho (+)

C - Calor ganho ou perdido por condução/convecção

R - Calor ganho ou perdido por radiação (+/-)

E - Calor sempre perdido por evaporação (-)

S - Calor acumulado no organismo (sobrecarga)

O resultado dessa equação será hipertermia, caso S seja maior que 0, e hipotermia, caso S seja menor que 0.

2.7 CONFORTO TÉRMICO

Segundo Ruas (1999, p. 4), o conforto térmico está associado com o equilíbrio térmico do corpo. Considerando certos parâmetros, o homem é um ser homeotérmico, que mantém sua temperatura corporal interna aproximadamente constante, independente da temperatura ambiental. Esse equilíbrio é mantido pela atuação do sistema termorregulador, que interfere nas trocas térmicas por mecanismos fisiológicos, relacionando-se diretamente com a sensação de bem estar térmico. Quanto maior for o esforço em se manter a temperatura interna do corpo, maior será a sensação de desconforto. Algumas variáveis que refletem no sistema termorregulador são: taxa de metabolismo, isolamento térmico da vestimenta, temperatura radiante média, umidade relativa, temperatura e velocidade relativa do ar. Os dois primeiros são chamados de variáveis pessoais e os quatro últimos de variáveis ambientais. Portanto, para se obter o conforto térmico é necessário, inicialmente, que a quantidade de calor ganho (metabolismo + calor recebido do ambiente) seja igual à quantidade de calor cedido para o ambiente. A atuação do sistema termorregulador mantém o equilíbrio térmico numa grande faixa de combinações das variáveis. No entanto, conforto térmico só ocorre numa pequena faixa dessas combinações. Portanto, conclui Ruas (2001, p. 16 a 19):

"O conforto térmico num determinado ambiente pode ser definido como a sensação de bem estar experimentada por uma pessoa, como resultado de uma combinação satisfatória, nesse ambiente, da temperatura radiante média, umidade relativa, temperatura e velocidade relativa do ar com a atividade desenvolvida e a vestimenta utilizada.

O conforto térmico é uma sensação e, portanto, subjetiva, isto é, depende das pessoas. Assim, um ambiente confortável termicamente para uma pessoa pode ser desconfortável para outra. Logo, quando tratamos das condições ambientais para conforto térmico de um grupo de pessoas, entendemos ser as condições que propiciam bem estar ao maior número possível de pessoas, mas não necessariamente para todas.

As variáveis ambientais numa edificação dependem das suas características construtivas; assim o clima deve ser decisivo na definição dessas características para que o desconforto imposto por condições climáticas adversas seja amenizado e dessa forma o consumo de energia para ventilação, refrigeração e/ou aquecimento seja o mínimo possível".

Condições razoáveis de conforto térmico de uma edificação dependem também da adequação às atividades executadas e equipamentos utilizados. Muitas

delas são projetadas em função de tendências estéticas ou exigências de produção, sem a preocupação com o conforto térmico ou com a conservação da energia. Ambientes que tem problemas com a exposição dos empregados ao calor poderiam ser mais eficientes, se o projeto tivesse levado em conta o conforto térmico. Tal conceito atual permite analisar ambientes ocupacionais, identificar e solucionar questões ignoradas, que influenciam na eficiência e produtividade do trabalhador, por reduzirem sua segurança e também a motivação. Para se identificar sensações térmicas das pessoas em determinadas condições foram estabelecidos índices de conforto, que representam a combinação das variáveis presentes. A partir do índice obtido pode-se adequar o conforto térmico às necessidades dos ocupantes de um ambiente. O método mais famoso é o Voto Médio Estimado (VME), criado por *Ole Franger*. Já a literatura nacional sobre conforto térmico, afirma Ruas (2001, p. 16 a 19) está defasada, prejudicando profissionais de projetos, de sistemas de ventilação e aqueles de segurança e saúde no trabalho, que não dispõem de ferramentas para avaliar melhor o conforto térmico, propondo medidas de prevenção .

A temperatura não é igual em todo o corpo, sendo de aproximadamente 37°C no cérebro, no coração e órgãos abdominais, sendo esta definida como temperatura do núcleo. Nas atividades físicas intensas com altos índices de metabolismo, essa temperatura pode chegar a 39,5°C, elevando-se a temperatura do núcleo. Já a temperatura periférica, presente nos membros, músculos e especialmente na pele, sofre oscilações, permitindo trocas de calor por convecção e radiação entre o corpo e o ambiente.

2.8 TEMPERATURA EFETIVA

Não obstante homem consiga atingir o equilíbrio térmico em várias condições térmicas, nem todas dão a sensação de bem-estar. Para exprimir essa sensação gerada pelo meio ambiente adota-se uma grandeza empírica capaz de exprimir, em um único índice, a sensação de calor, temperatura do ar, umidade relativa e deslocamento do ar, denominada Temperatura Efetiva (Tef). A Tef de qualquer ambiente pode ser definida como aquela que, em um recinto contendo ar aproximadamente em repouso (com velocidades entre 0,1 e 0,15 m/s) e saturado de umidade, proporciona a mesma sensação de frio ou calor que o ambiente em consideração. A Tef não pode ser obtida diretamente através de instrumentos. Por

isso, utilizam-se as leituras de temperaturas dos termômetros de bulbo úmido e seco e da velocidade do ar para, através do diagrama da figura 03 determinar a Tef para pessoas normalmente vestidas e em repouso (ASHRAE apud COSTA, 2005, p. 11).

2.8.1 Temperatura efetiva corrigida (TEC)

Uma das críticas à Tef refere-se ao fato do índice superestimar a umidade a temperaturas baixas e normais e subestimá-las a temperaturas elevadas. Como alternativa foi criada a Temperatura Efetiva Corrigida (TEC), que utiliza o termômetro de globo para inclusão do calor radiante na composição do índice. A publicação *Industrial Ventilation*, da ACGIH, delimita as condições máximas toleradas em trabalhos diários por homens saudáveis, aclimatados, usando roupa para o verão (ACGIH apud USP, 2012c, p. 153 a 169).

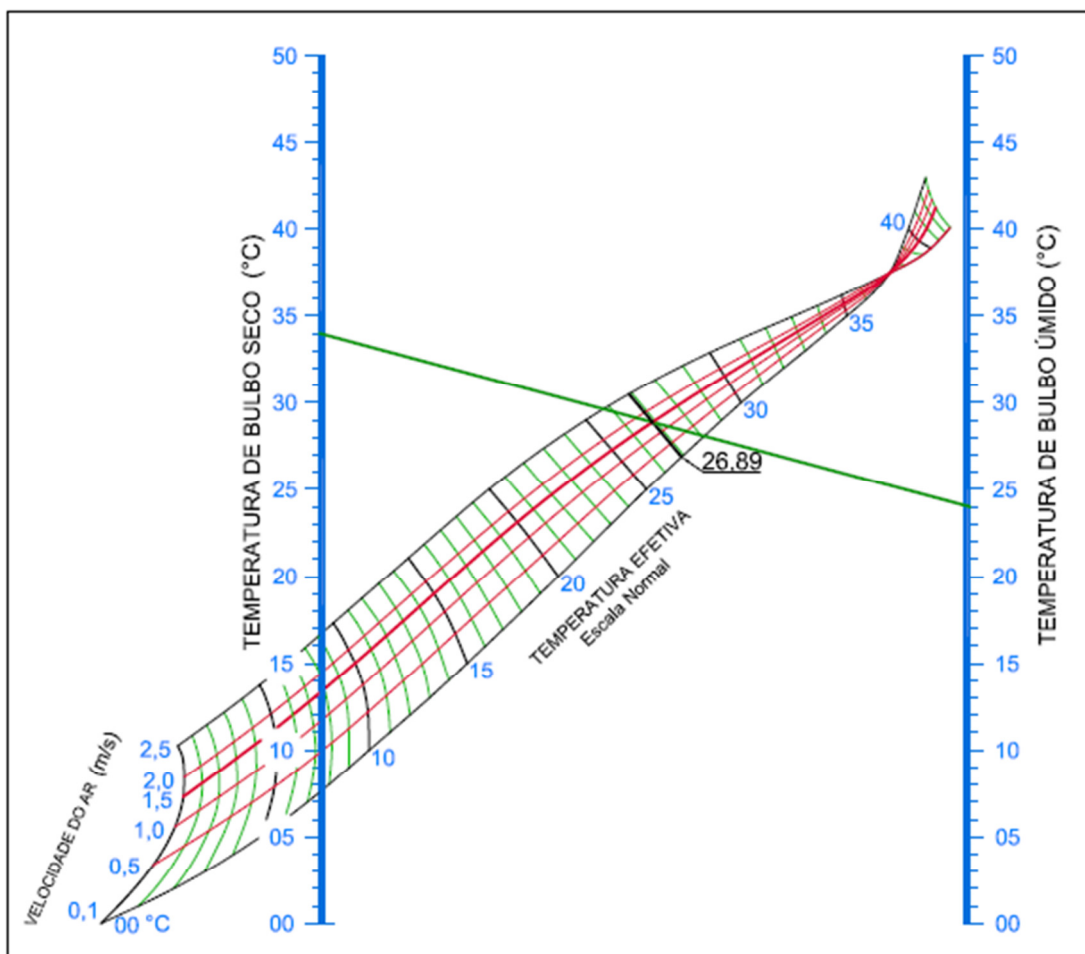


Figura 3 - "Ábaco" ou Diagrama de Temperatura efetiva (Tef)
Fonte: (ELEFANT, 2014)

2.9 LIMITES DE TOLERÂNCIA PARA EXPOSIÇÃO AO CALOR

A legislação brasileira relativa à segurança e saúde no trabalho, através da Consolidação das Leis Trabalhistas (Título II, Capítulo V, Norma Regulamentadora 15) define quais são as atividades e operações insalubres, estabelecendo os seus limites de tolerância, que são: a concentração ou intensidade máxima ou mínima, relacionada com a natureza e o tempo de exposição ao agente, que não causará danos à saúde do trabalhador, durante a sua vida laboral (MTE, 1978). O anexo nº 03 da NR 15 define que os limites de tolerância para exposição ao calor, devem ser avaliados através do "Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo" - IBUTG calculado pelas seguintes equações:

- a) Ambientes internos ou externos sem carga solar:

$$IBUTG = 0,7tbn + 0,3tg \quad (\text{eq. 05})$$

- b) Ambientes externos com carga solar:

$$IBUTG = 0,7tbn + 0,1tbs + 0,2tg \quad (\text{eq. 06})$$

Onde,

tbn = temperatura de bulbo úmido natural

tg = temperatura de globo

tbs = temperatura de bulbo seco

Os aparelhos que devem ser utilizados nesta avaliação são: termômetro de bulbo úmido natural, termômetro de globo e termômetro de mercúrio comum. Os Limites de Tolerância para exposição ao calor são determinados em função do regime de trabalho exercido. Para regimes intermitentes, com períodos de descanso no próprio local de prestação de serviço, tais limites são definidos em função do índice obtido e com base na tabela 05.

Os períodos de descanso são considerados como tempo de serviço para todos os efeitos legais. A determinação do tipo de atividade (Leve, Moderada ou Pesada) é feita consultando-se o Quadro n.º 3 do mesmo anexo. Outra referência quando se trata de sobrecarga térmica e fisiológica pela exposição calor é a publicação Limites de Exposição Ocupacional (TLVs®) para Substâncias Químicas e Agentes Físicos & Índices Biológicos de Exposição (BEIs®), da *American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)*. Na edição de 2011,

traduzida pela Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais (ABHO), é ressaltado que os efeitos da exposição ao calor, mais que qualquer outro agente, depende de fatores fisiológicos de susceptibilidade individual e de aclimação. Destaca-se que se deve utilizar o limite de ação (em geral de 50% do limite de tolerância ou de exposição) para trabalhadores não aclimatados. Na sua seção 2 confirma-se que o Índice de Bulbo Úmido - Termômetro de Globo (IBUTG) é útil na determinação da sobrecarga térmica, levando em conta a influência da temperatura do ar, do calor radiante, da velocidade do ar e da umidade (fatores ambientais). Suas limitações ficam por conta de não considerar as interações do trabalhador com o ambiente e com aquecimento por fontes do tipo micro-ondas e radiofrequência. As equações são idênticas às do anexo 03 da NR 15 e indica-se que na determinação do índice de sobrecarga térmica devem ser considerados o tipo e as exigências do trabalho através da utilização da média ponderada (*TWA*), caso os locais de trabalho e descanso sejam realizados em pontos distintos. A tabela 06 apresenta o critério de IBUTG para fins de análise simplificada (ACGIH, 2011, p. 235 a 248).

Tabela 5 - Limites de Tolerância para exposição ao calor, em regime de trabalho intermitente com períodos de descanso no próprio local de prestação do serviço

REGIME DE TRABALHO INTERMITENTE COM DESCANSO NO PRÓPRIO LOCAL DE TRABALHO (POR HORA)	TIPO DE ATIVIDADE		
	LEVE	MODERADA	PESADA
Trabalho contínuo	até 30,0	até 26,7	até 25,0
45 minutos trabalho 15 minutos descanso	30,1 a 30,5	26,8 a 28,0	25,1 a 25,9
30 minutos trabalho 30 minutos descanso	30,7 a 31,4	28,1 a 29,4	26,0 a 27,9
15 minutos trabalho 45 minutos descanso	31,5 a 32,2	29,5 a 31,1	28,0 a 30,0
Não é permitido o trabalho, sem a adoção de medidas adequadas de controle	acima de 32,2	acima de 31,1	acima de 30,0

Fonte: Quadro nº 01, anexo 03 da NR 15 (MTE, 1978)

2.10 VENTILAÇÃO

Denomina-se ventilação o deslocamento de ar de um recinto, de forma planejada. Tal movimentação pode ser realizada por meios mecânicos ou naturais. Segundo a *ASHRAE*, é o processo de retirada ou fornecimento de ar por meios naturais ou mecânicos de ou para um recinto, onde o ar pode ou não ter sido

previamente condicionado. É uma técnica muito efetiva para controle da pureza do ar em diversos tipos de ambientes (ocupacionais, residenciais e de lazer) e, obedecendo-se a certos limites, controlar a sua temperatura e umidade. Reduz a magnitude de substâncias nocivas presentes até níveis seguros e ainda pode ser utilizada para controlar a concentração de substâncias que explodem ou se inflamam. É uma medida de controle importante por não interferir nos processos de trabalho e ser eficiente na captura de poluentes aerossóis. No dia a dia verifica-se que muitos sistemas de ventilação não vêm funcionando corretamente, seja por falha de projeto, seja por execução fora dos padrões ou por falta de manutenção adequada (ASHRAE *apud* USP, 2012c).

Tabela 6 - Critério de análise simplificada para exposição a sobrecarga térmica

Tempo de trabalho em um ciclo de trabalho / descanso	TLV® (Valores de IBUTG em °C)				Limite de Ação de IBUTG em °C			
	Leve	Moderada	Pesada	Muito Pesada	Leve	Moderada	Pesada	Muito Pesada
75% a 100%	31,0	28,0	--	--	28,0	25,0	--	--
50 a 75%	31,0	29,0	27,5	--	28,5	26,0	24,0	--
25% a 50%	32,0	30,0	29,0	28,0	29,5	27,0	25,5	24,5
0% a 25%	32,5	31,5	30,5	30,0	30,0	29,0	28,0	27,0

Fonte: American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH, 2011, p. 240)

Em um projeto de ventilação industrial deve-se atentar que o ar sempre se movimenta da zona de maior pressão para a zona de menor pressão, sendo fundamental para o seu bom funcionamento o dimensionamento dos diferenciais de pressão. Os sistemas de ventilação podem ser classificados em (MACINTYRE, 1990, p. 2):

- a) Natural: quando não são utilizados recursos mecânicos para provocar o deslocamento do ar. A movimentação natural do ar se dá por meio de janelas, portas, lanternins, etc. Também chamada de ventilação geral, é aquela que percorre o ambiente como um todo e não somente pontos específicos, auxiliando na promoção do conforto térmico e diluição de substâncias nocivas ou incômodas utilizando, para isso, a força do vento e a diferença de temperatura entre duas camadas de ar;

- b) Sistema de Ventilação Geral Diluidora (SVGD): quando se empregam equipamentos mecânicos (ventiladores) para ventilar o recinto. Pode se realizar através de insuflação, exaustão ou a combinação dos dois, chamado de sistema misto. Tem a vantagem de não interferir nos processos e operações. Contudo, não deve ser usada para diluir substâncias com LT menor que 100 ppm, sendo de difícil utilização quando o ar deve ser filtrado antes do lançamento na atmosfera ou para diluição de poluentes na forma de partículas;
- c) Sistema de Ventilação Local Exaustora (SVLE): realiza-se através de um captor de ar próximo à fonte de um poluente nocivo à saúde, removendo o ar do local para o ambiente externo através da utilização de sistema exaustor ou tratando-o devidamente, sem riscos para o meio ambiente. Pode ser usada para poluentes medianamente ou altamente tóxicos. A figura 04 ilustra as diferenças entre a SVGD e a SVLE.

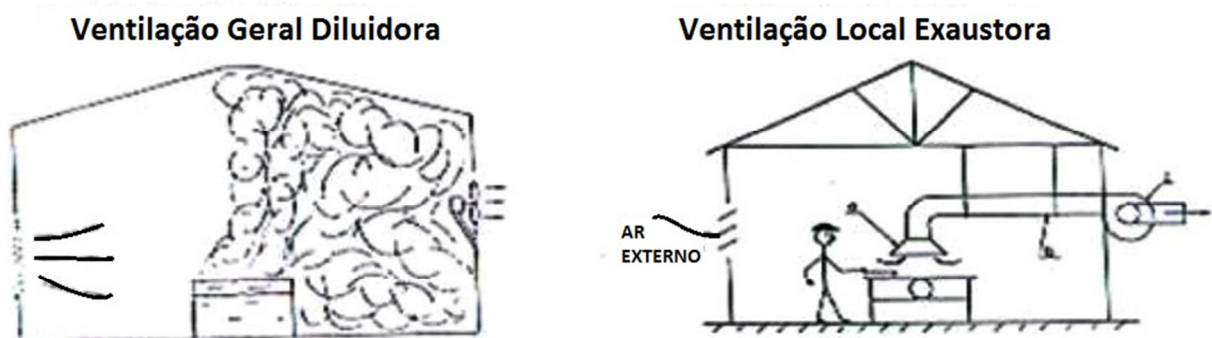


Figura 4 - Sistemas de ventilação geral diluidora e local exaustora
 Fonte: (ROQUE, CERCHI E OLIVEIRA, 2011), adaptado

Toda a ventilação natural é objeto de considerações feitas na elaboração do projeto, considerando que o fluxo de ar que entra ou sai de um prédio por ventilação natural depende, dentre outros, da diferença de pressões existentes no interior e exterior do recinto e na resistência oferecida pela passagem do ar pelas aberturas. Como regra geral os códigos de obras estabelecem as seguintes exigências mínimas:

- a) A superfície iluminante natural dos locais de trabalho deve ser no mínimo de um 1/6 ou 1/5 da área total do piso;
- b) A área de ventilação natural deve corresponder a, no mínimo, 2/3 da superfície iluminante natural.

Quando não for viável adotar a ventilação natural, pelas características produtivas ou presença de poluentes, deve-se adotar a ventilação mecânica. A diferença de nível entre a altura das tomadas e saídas de ar em relação ao piso deve ser a máxima possível, para que o resultado seja satisfatório (MACINTYRE, 1990, p. 38).

2.10.1 Componentes de um SLVE

2.10.1.1 Captores

Dispositivo colocado junto à fonte de contaminantes com a finalidade de criar uma captação para o ar aspirado, capaz de arrastar o contaminante até o seu interior. A definição do tipo de captor no projeto de um SLVE deve levar em conta: a sua geometria, o posicionamento do captor em relação a fonte, a velocidade requerida no ponto mais distante e a vazão de captação. Deve ainda permitir a manutenção e limpeza, não interferir nas operações e envolver ao máximo a fonte de poluentes, com a menor perda de carga e vazão de captação possíveis. A seleção do tipo ideal de captor dependerá do tipo de fonte, toxicidade, restrições de espaço, etc. Os captores são classificados quanto à sua forma e posição relativa à fonte:

- a) Captores enclausurantes: envolvem as fontes fazendo com que a emissão dos poluentes esteja dentro do captor, existindo pequenas frestas para entrada do ar exaurido. São usados em capelas de mesas de laboratórios, fornos, secadores, correias transportadoras. A figura 05 mostra um exemplo desse tipo de captor;



Figura 5 - Captor enclausurante tipo capela
Fonte: (LABORATÓRIO, 2014)

- b) Captores cabines: são similares aos enclausurantes, mas possuem maior área para entrada do ar de exaustão. As cabines para pintura à revolver são exemplos típicos (figura 6);

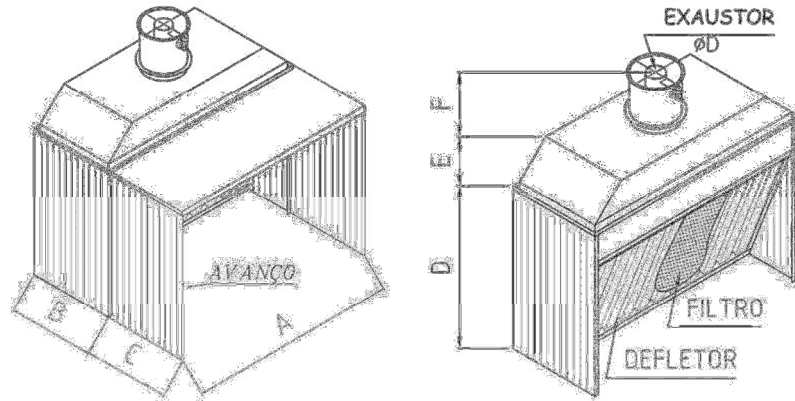


Figura 6 - Cabine de pintura seca
Fonte: (EXAUSFIBRA, 2014)

- c) Captores receptores: colocados propositalmente de forma a aproveitar o movimento natural dos aerossóis produzido pela operação poluidora. As figuras 07 e 08 demonstram alguns exemplos desse tipo, como aqueles usados para retirar gases quentes de fogões e fornos;



Figura 7 - Exaustor receptor tipo coifa
Fonte: (AIRLUX, 2014)

Os projetos de SVLE devem prever a instalação de captadores o mais próximo possível das fontes poluidoras, aproveitando-se o fluxo natural de ar existente, evitando que os operadores permaneçam posicionados ao entre o contaminante e o captador. Dessa forma, quanto maior for o enclausuramento na área de emissão, melhor será a eficiência de captação evitando, por exemplo, que correntes transversais de ar arrastem os poluentes para longe dos captadores. Um parâmetro

que deve considerado é a velocidade do ar na região de influência para conduzir os aerossóis para o interior do SLVE. Para determinação da velocidade de captura, é necessário estabelecer o tipo e o tamanho dos captores, a velocidade de emissão, a toxicidade e quantidade de poluentes e as correntes transversais. A vazão de exaustão, que é o volume de ar a ser movimentado para captar a massa total emitida pela fonte é outro valor importante, sendo calculado pela equação 07.

$$Q = A_c \times V_c \quad (\text{eq. 07})$$

Onde,

Q: Vazão de exaustão,

A_c : Área da Superfície de controle

V_c : Velocidade do ar na superfície de controle.



Figura 8 - Exaustor receptor tipo lateral com fenda
Fonte: (EXAUSTFARMA, 2014)

A tabela 07 demonstra as fórmulas para cálculo da vazão de exaustão (Q) utilizadas para alguns captores convencionais segundo a *ACGIH*.

2.10.1.2 Rede de dutos

A rede de dutos em um SLVE devem ter seção circular, evitando que arestas ou zonas de velocidade reduzida provoquem a estagnação dos contaminantes. Costa (2005, p. 140 a 201) recomenda que o material da tubulação seja de chapa de aço soldada ou galvanizada, para trabalhos em temperaturas de até 200°C. Também sugere que singularidades devam ser produzidas com bitola mais espessa que o duto correspondente e que o raio médio das curvas seja de, no mínimo, 2 vezes o diâmetro ($R=2D$). Com relação às junções (ou reuniões) há uma divergência entre os autores. USP (2012a, p. 210 a 220) recomenda que estas devem ter um ângulo de

entrada de, no máximo, 30° com contrações e expansões feitas de maneira suave. Já Costa (2005, p. 153) sugere um ângulo de 45°, com aberturas para limpeza a cada 3m e apoios a cada 20-30 diâmetros, evitando o uso de registros do tipo borboleta. Outros aspecto fundamental no transporte dos poluentes é a velocidade do ar no interior da tubulação. No caso de gases não ocorre sedimentação mesmo em velocidades menores, sendo praticado a faixa entre 5 e 10 m/s. Para particulados é importante manter uma constante, de forma que não ocorra sedimentação, dependendo da densidade e tamanho das partículas. A tabela 08 fornece as velocidade do ar típicas, segundo o tipo de material.

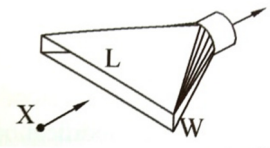
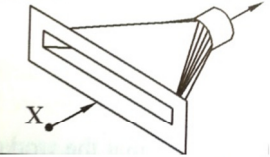
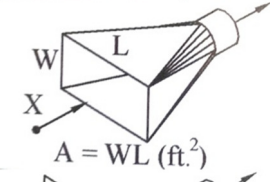
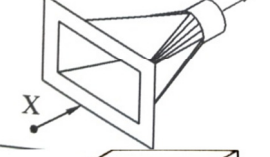
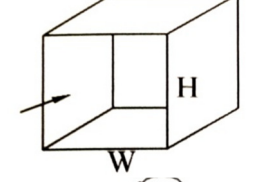
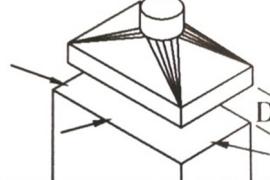
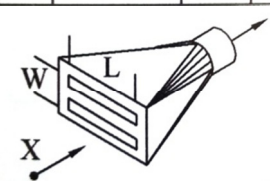
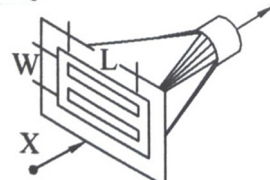
O dimensionamento do sistema de dutos é feito através da sua secção transversal (A_d), utilizando a vazão necessária (Q) a uma velocidade requerida (V_t). As equações 08 e 09 demonstram como calcular a área do duto para tubulações retangulares e circulares, respectivamente.

$$A = a \cdot b, \text{ onde } a \cdot b = \frac{Q}{V_t} \quad (\text{eq. 08})$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot A_d}{\pi}} \quad (\text{eq. 09})$$

Além do cálculo do diâmetro da tubulação, as canalizações de sistemas SVLE devem observar as regras para todo tipo de singularidade, que são cotovelos, junções, contrações, expansões e chapéus. Esses elementos, quando não dimensionados corretamente, acarretam perda de carga e exigem maior potência, maior custo operacional e provocam desbalanceamento do sistema. Tabelas e guias são dados pela *ASHRAE* e pela *ACGIH* para auxiliar nos projetos desses sistemas.

Tabela 7 - Tipos de captores e fórmulas para cálculo da vazão de exaustão

TIPO DE CAPTOR	DESCRIÇÃO	RELAÇÃO DE ASPECTO, W/L	VAZÃO DE EXAUSTÃO (FLUXO DE AR)
	FENDA	0,2 OU MENOS	$Q = 3,7LVX$
	FENDA FLANGEADA	0,2 OU MENOS	$Q = 2,6LVX$
	ABERTURA SIMPLES	0,2 OU MAIOR E ARREDONDADO	$Q = V(10X^2 + A)$
	ABERTURA FLANGEADA	0,2 OU MAIOR E ARREDONDADO	$Q = 0,75V(10X^2 + A)$
	CABINE	ADEQUADO À ATIVIDADE OU OPERAÇÃO	$Q = VA = VWH$
	COIFA	ADEQUADO À ATIVIDADE OU OPERAÇÃO	$Q = 1,4PVD$ P= PERÍMETRO D=ALTURA ACIMA DA ATIVIDADE OU OPERAÇÃO
	PLANO LATERAL DE MÚLTIPLAS ABERTURAS OU MAIS QUE 2	0,2 OU MAIOR	$Q = V(10X^2 + A)$
	LATERAL DE MÚLTIPLAS ABERTURAS FLANGEADO OU MAIS QUE 2	0,2 OU MAIOR	$Q = 0,75V(10X^2 + A)$

Fonte: (ACGIH, 2010)

Tabela 8 - Velocidades do ar em canalizações

MATERIAL	V (m/s)
Vapores, gases, fumos, poeiras muito finas ($< 0,5\mu\text{m}$)	10
Poeiras finas secas	15
Poeiras industriais médias	17,5
Partículas grossas	17,5 a 22,5
Partículas grandes, material úmido	$>22,5$

Fonte: ASHRAE *apud* COSTA, 2005, p. 154.

2.10.1.3 Coletores

Coletores são equipamentos empregados em SVLE para fazer a desagregação entre os contaminantes e o ar, para reaproveitamento ou para prevenir poluição atmosférica. A sua eficiência depende do tipo de separador, da granulometria e do peso específico do material a ser separado. São utilizados alguns mecanismos para facilitar a ação do coletor, tais como: gravidade, inércia, centrifugação, umidificação, absorção e adsorção, entre outros. Quanto menor a partícula, mais difícil de ser coletada. Além disso, partículas com tamanho aerodinâmico menor que $10\mu\text{m}$ possuem maior capacidade de penetração no aparelho respiratório e são classificadas como partículas inaláveis. Os equipamentos para controle de material particulado podem ser classificados em dois grupos:

- a) COLETORES SECOS: mecânicos inerciais, gravitacionais e centrífugos e precipitadores eletrostáticos secos. São exemplos as figuras 09 e 10.

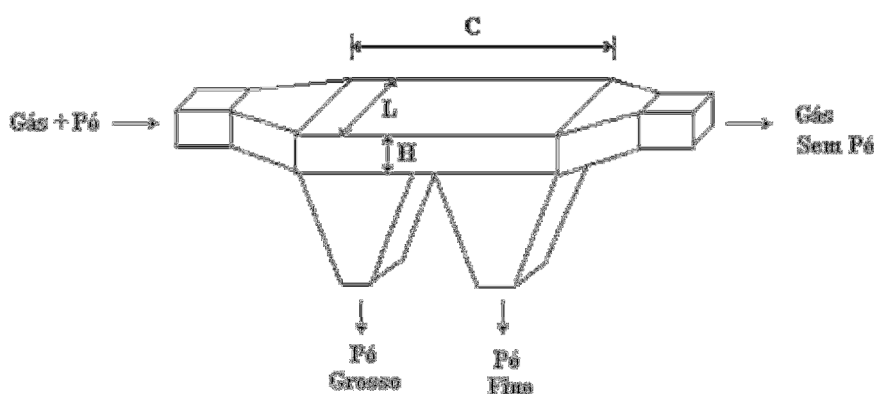


Figura 9 - Coletor de câmaras gravitacionais
Fonte: (UFSC, 2014)

- b) COLETORES ÚMIDOS: lavadores com pré-atomização (lavadores com sprays); lavador Venturi; lavador ciclônico, lavador de orifício; lavadores de leito móvel; lavadores com enchimento; lavadores eletrostáticos úmidos. Exemplos são dados pelas figuras 11 e 12.

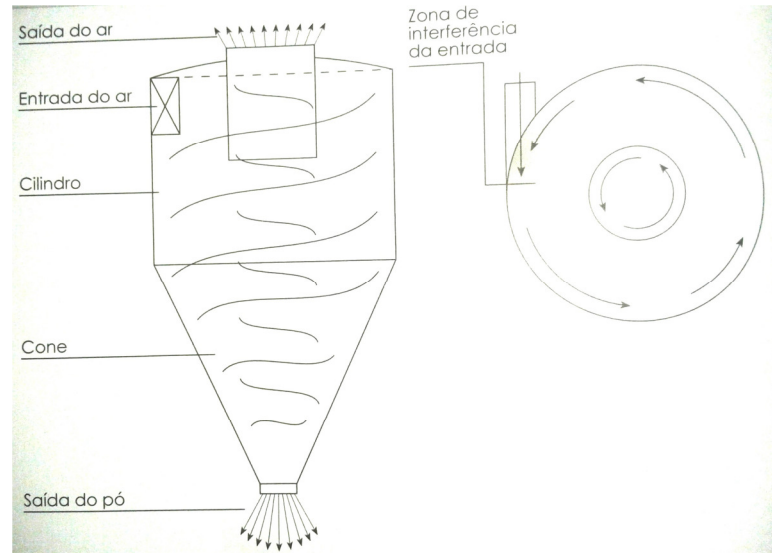


Figura 10 - Coletor tipo Ciclone
Fonte: (COSTA, 2005, P. 168)

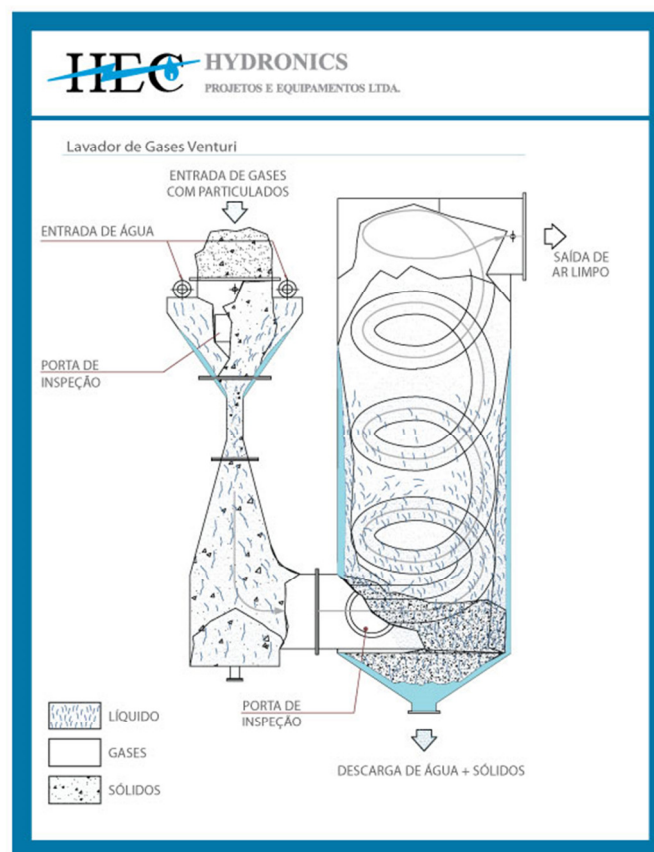


Figura 11 - Lavador de gases Venturi
Fonte: (HEC, 2014)

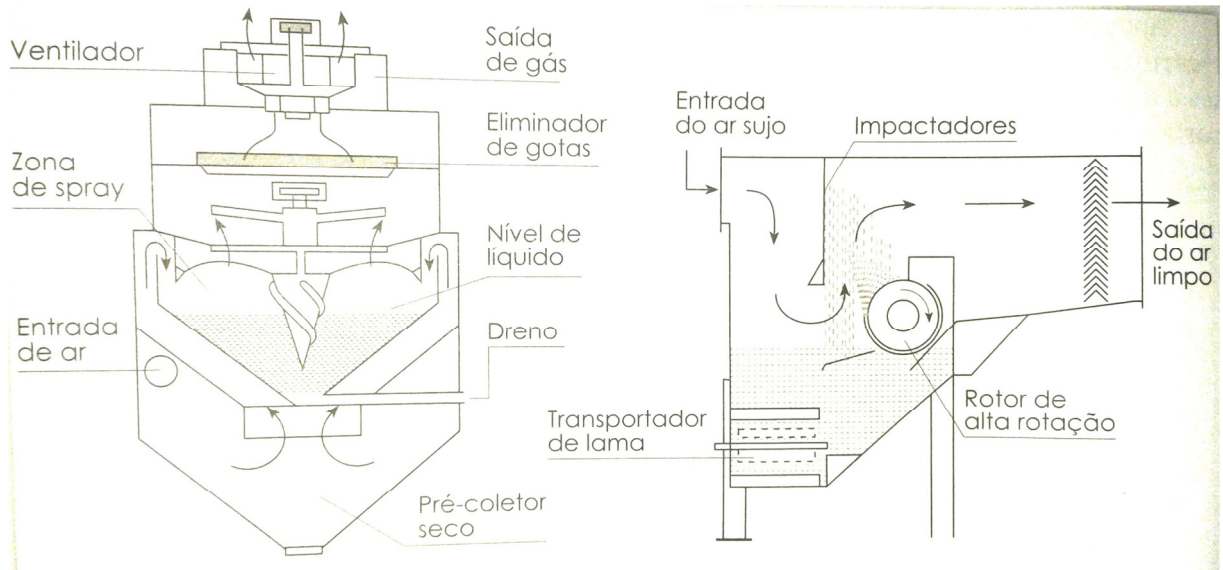


Figura 12 - Coletor úmido tipo orifício ou misturador auto-induzido

Fonte: (COSTA, 2005, P. 182).

Já gases e vapores devem receber tratamento como absorção física, adsorção ou condensação e reações químicas, como a quimissorção e incineração. Os processos são classificados como condensadores, absorvedores, incineradores catalíticos e outros como biorreatores.

2.10.1.4 Conjunto ventilador - motor - chaminé

Ventilador é o centro de qualquer sistema de ventilação. São turbomáquinas geratrizes ou turbodinâmicas, que se destinam a produzir o deslocamento dos gases. A rotação do rotor com pás adequadas acionadas por um motor, geralmente elétrico, transforma a energia potencial de pressão em energia cinética, criando-se um diferencial de pressão para fazer fluir o ar e os gases por ele mesmo e fornecer a energia necessária para vencer as perdas dos sistema. Podem ser classificados, conforme a direção de movimentação do fluxo através do rotor, em:

- a) Centrífugos: radiais, de pás para trás, de pás curvadas para frente e o "radial tip". São os mais utilizados atualmente pois possuem ampla faixa de vazão e pressão (figuras 13, 14, 15 e 16);
- b) Axiais: são restritos a aplicações de baixa e de média pressão (figura 17).

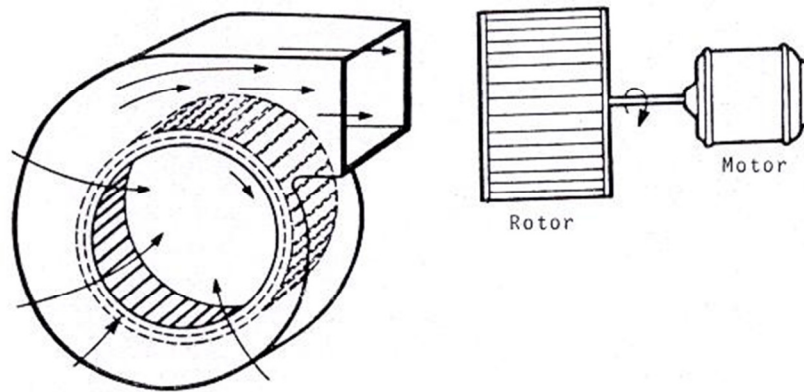


Figura 13 - Ventilador centrífugo
Fonte: (FLORA, 2014)

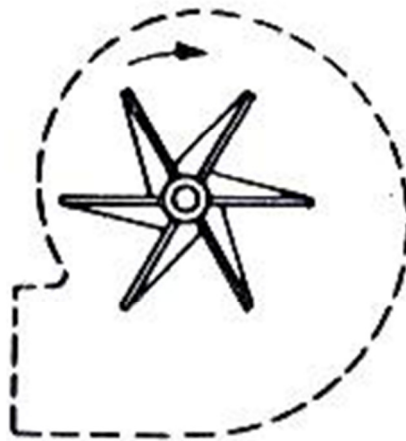


Figura 14 - Ventilador centrífugo de pás radiais
Fonte: (FLORA, 2014)



Figura 15 - Ventilador centrífugo pás para trás
Fonte: (FLORA, 2014)

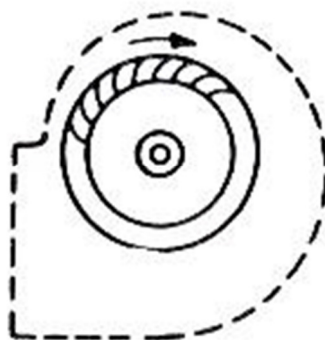


Figura 16 - Ventilador centrífugo de pás para frente
Fonte: (FLORA, 2014)



Figura 17 - Ventiladores axiais
Fonte: (AIRDRAW, 2014)

Na seleção do ventilador adequado deve-se levar em consideração os parâmetros de variação da pressão, potência e eficiência, em função da vazão. Por isso, faz-se necessário recorrer à curva ou tabela característica do equipamento, que indica o comportamento ou região ótima de trabalho, considerando possíveis perdas de cargas. Importante verificar que a “lei dos ventiladores” estabelece as relações e proporcionalidades entre os diversos parâmetros envolvidos. Ressalte-se ainda que deve ser usado o equipamento que utilize a menor potência possível, seja adequado ao tipo de poluente a ser transportado e que o ponto de operação esteja à direita e o mais próximo da sua curva característica, não deixando-o funcionar em regiões instáveis.

A chaminé é o último componente do sistema de transporte de poluentes e tem como função o lançamento do gás transportado contendo a emissão residual na atmosfera. Quando o ventilador estiver localizado próximo à chaminé, esta deve também protegê-lo contra água da chuva. A proteção do tipo "chapéu chinês",

embora muito comum não é recomendada nos casos em que é necessário promover uma boa dispersão da emissão residual. As recomendações práticas a serem observadas para instalações de chaminés são as seguintes:

- a) Altura mínima de 2,5 vezes a altura da edificação que contém a chaminé;
- b) Velocidade de saída dos gases de 1,5 a velocidade do vento;
- c) Saída dos gases na vertical, desaconselhando o uso de cotovelos ou "chapéu chinês".

2.11 NECESSIDADES HUMANAS DE VENTILAÇÃO

O objetivo da ventilação é retirar ou reduzir a concentração de aerossóis de um ambiente fechado e, dentro de certos limites, controlar a temperatura e umidade, requisitos estes mais importantes que a renovação do oxigênio consumido. Pesquisas indicam que para diluição de odores corporais são necessários 25,5 m³/h (15 CFM) de ar puro por pessoa para, no mínimo, 80% dos ocupantes. Essa taxa de ventilação por pessoa reduz a concentração de CO₂ interna para 0,1% (1000 ppm), para nível de atividade de 1,2 MET, compatível com as orientações da Organização Mundial da Saúde - OMS. Por isto, a norma *ASHRAE 62-1981R* foi revisada, com a publicação da versão *ASHRAE 62-1989*, elevando a taxa mínima de renovação de ar 8,5 m³/h (5 CFM) para 25,5 m³/h (15 CFM) por pessoa, sendo recomendados para escritórios o índice de 34 m³/h (20 CFM).

No Brasil a Resolução (RE) nº 9, de 16 de janeiro de 2003, que trata da "Orientação Técnica Elaborada Por Grupo Técnico Assessor Sobre Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior em Ambientes Climatizados Artificialmente de Uso Público e Coletivo" determina, no seu inciso IV, que trata dos Padrões Referenciais, subitem 3.4 (ANVISA, 2003):

"3.4 - A Taxa de Renovação do Ar adequada de ambientes climatizados será, no mínimo, de 27 m³/hora/pessoa, exceto no caso específico de ambientes com alta rotatividade de pessoas. Nestes casos a Taxa de Renovação do Ar mínima será de 17 m³/hora/pessoa, não sendo admitido em qualquer situação que os ambientes possuam uma concentração de CO₂ maior ou igual a estabelecida em IV-2.1, desta Orientação Técnica."

Já o item 2 do mesmo inciso IV, que trata dos valores máximos recomendáveis para contaminação química, limita a concentração de dióxido de carbono - (CO₂) a valor menor ou igual (\leq) a 1000 ppm como indicador de renovação de ar externo, recomendado para conforto e bem-estar dos ocupantes de um recinto.

Acrescenta, no subitem 3, que os parâmetros físicos, no caso de temperatura, umidade, velocidade, taxa de renovação do ar e grau de pureza deverão estar conforme previsto na Norma Brasileira 6401 (ABNT, 1980), que trata da Instalações Centrais de Ar Condicionado para Conforto – Parâmetros Básicos de Projeto. Destaca-se nesta NBR a tabela 09, que relaciona as condições internas para os ambientes no verão.

Tabela 9 - Condições internas para o verão

FINALIDADE	LOCAL	RECOMENDÁVEL		MÁXIMA	
		TBS (°C) ^A	UR (%) ^B	TBS (°C) ^A	UR (%) ^B
Conforto	Residências	23 a 25	40 a 60	26,5	65
	Hotéis				
	Escritórios				
	Escolas				
Lojas de curto tempo de ocupação	Bancos	24 a 26	40 a 60	27	65
	Barbearias				
	Cabeleireiros				
	Lojas Magazines				
Ambientes com grandes cargas de calor latente e/ou sensível	Supermercados	24 a 26	40 a 65	27	65
	Teatros				
	Auditórios				
	Templos				
	Cinemas				
	Bares				
	Lanchonetes				
	Restaurantes				
	Bibliotecas				
	Estúdios de TV				

A: TBS = temperatura de bulbo seco (°C).

B: UR = umidade relativa (%).

C * = condições constantes para o ano inteiro.

Fonte: NBR 6401 (ABNT, 1980, p. 2), adaptado

Apesar de substituída e cancelada em setembro de 2008 pela NBR 16401 (ABNT, 2008, p. iv), partes 1, 2 e 3, tal norma ainda pode ser utilizada como referência para análise de sistemas que não tenham passado por reformas, considerando que a NBR 16401 parte 3 informa, no seu item 1.4, que esta última não possui efeito retroativo. Outra referência quando se trata de ventilação é a norma ASHRAE nº 62, de 1989, como mostra a tabela 10.

Imprescindível evocar novamente as normas de referência em saúde e segurança do trabalhador, as chamadas Normas Regulamentadoras, publicadas pelo Ministério do Trabalho e Emprego. Podemos explicitar em especial, as NR 09 e 15 que tratam, respectivamente, do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais -

PPRA e das atividades e operações insalubres. Os subitens 9.1.5.2 e 9.3.5.1 letra "c" da NR 09 definem:

"Consideram-se agentes químicos as substâncias, compostos ou produtos que possam penetrar no organismo pela via respiratória, nas formas de poeiras, fumos, névoas, neblinas, gases ou vapores, ou que, pela natureza da atividade de exposição, possam ter contato ou ser absorvidos pelo organismo através da pele ou por ingestão."

"quando os resultados das avaliações quantitativas da exposição dos trabalhadores excederem os valores dos limites previstos na NR-15 ou, na ausência destes, os valores limites de exposição ocupacional adotados pela ACGIH - American Conference of Governmental Industrial Hygienists, ou aqueles que venham a ser estabelecidos em negociação coletiva de trabalho, desde que mais rigorosos do que os critérios técnico-legais estabelecidos" (SSST, 1994, p. 1).

Tabela 10 - Taxas de ventilação

APLICAÇÕES		OCUPAÇÃO (PESSOAS POR 100 m ²)	M ³ / HORA PESSOA	M ³ /HORA M ²
Restaurantes e Cervejarias	Salas de almoço.	75	34	-
	Cafeterias e Lanchonetes.	107	34	-
	Bares.	170	51	-
	Cozinha (cozimento).	22	25,5	-
Escritórios	Salas de trabalho.	8	34	-
	Áreas de recepção.	65	25,5	-
	Salas de conferências.	54	34	-
Espaços públicos	Salas de fumantes.	75	102	-
	Elevadores.	-	-	18,5
Lojas a varejo; andares com lojas; andares com exposições	Porões e ruas.	33	-	5,5
	Andares superiores.	22	-	3,7
	Corredores e galerias.	22	-	3,7
	Salas de fumar.	75	102	-
Esporte e lazer	Áreas dos espectadores.	160	25,5	-
	Salão de jogos.	75	42,5	-
	Andares de diversão.	33	34	-
	Salão de danças e discotecas.	107	42,5	-
Teatros	Sala de espera.	160	34	-
	Auditório.	160	25,5	-
Educação	Salas de aula.	54	25,5	-
	Salas de música.	54	25,5	-
	Biblioteca.	22	25,5	-
	Auditórios.	160	25,5	-
Hotéis, motéis e resorts	Quartos de dormir.	-	-	51 m ³ /h/amb.
	Salas de estar.	-	-	51 m ³ /h/amb.
	Salas de espera.	33	25,5	-
	Salas de conferências.	54	34	-
	Salas de reunião.	129	25,5	-

Fonte: ASHRAE nº 62-1989 *apud* USP (2012b, 153 a 169).

Já a NR 15 considera como insalubres três tipos de atividades ou operações. Aquelas que se desenvolvem: acima dos limites de tolerância determinados nos anexos 1, 2, 3, 5, 11 e 12; aquelas mencionadas nos anexos 6, 13 e 14; e aquelas comprovadas através de laudos de inspeção do local de trabalho, constantes dos anexos 7, 8, 9 e 10. O anexo 11 da NR 15 relaciona os agentes químicos nos quais a exposição dos trabalhadores pela via respiratória caracteriza insalubridade, quando forem ultrapassados os limites de tolerância do quadro nº 01. Ressalta ainda que para aqueles agentes fixados como "asfixiantes simples" a concentração mínima de oxigênio deve ser de 18% em volume, caracterizando situação de grave e iminente risco qualquer concentração abaixo desse volume (MTE, 1978). No entanto, muito embora a tabela do quadro 01 possua limites de tolerância para 205 substâncias, tais valores estão defasados em comparação com o atual estágio de desenvolvimento técnico-científico. Portanto, sempre que possível, é importante recorrer a entidades de credibilidade como a publicação anual da ACGIH sobre os Limites de Exposição Ocupacional (TLVs®) para Substâncias Químicas e Agentes Físicos & Índices Biológicos de Exposição (BEIs®).

2.11.1 Taxas de ventilação

2.11.1.1 Para retirada de calor e manutenção do conforto térmico

As condições para conforto térmico de um local de trabalho devem ser avaliadas através das temperaturas de bulbo seco (TBS), de bulbo úmido natural (TBU), umidade relativa, calor radiante (temperatura de globo - TG) e velocidade do ar. A NBR 16401-2:2008 "especifica os parâmetros ambientais que proporcionem térmico aos ocupantes de recintos providos de ar-condicionado". Tais critérios definem as sensações térmicas em que, pelo menos 80% de pessoas adultas e saudáveis, de um mesmo grupo (homogêneo) de atividades e mesmo tipo de roupa, expressem satisfação em relação ao conforto térmico. Outra definição da mesma NBR é importante: "Temperatura operativa - temperatura uniforme de um ambiente imaginário, na qual uma pessoa trocaria a mesma quantidade de calor por radiação e convecção que no ambiente não uniforme e real". As sensações térmicas devem ser avaliadas pela escala *ASHRAE*, conforme demonstra a tabela 11.

Tabela 11 - Escala de sensações térmicas

-3	-2	-1	-0,5	0	+0,5	+1	+2	+3
muito frio	frio	levemente frio	aceitável	neutro	aceitável	Levemente quente	quente	muito quente

Fonte: ASHRAE *apud* ABNT 2008.

Os parâmetros de conforto são estabelecidos são os seguintes (ABNT, 2008, p. 3):

“Para condição de Verão (roupa típica 0,5 clo), a temperatura operativa e umidade relativa dentro da zona delimitada por:

a) 22,5 °C a 25,5 °C e umidade relativa de 65%

b) 23,0 °C a 26,0 °C e umidade relativa de 35%

A velocidade média do ar (não direcional) na zona de ocupação não deve ultrapassar:

a) 0,20 m/s para distribuição de ar convencional (grau de turbulência 30% a 50%)

b) 0,25 m/s para distribuição de ar por sistema de fluxo de deslocamento (grau de turbulência inferior a 10%)

Para condição de Inverno (roupa típica 0,9 clo), a temperatura operativa e umidade relativa dentro da zona delimitada por:

a) 21,0 °C a 23,5 °C e umidade relativa de 60%

b) 21,5 °C a 24,0 °C e umidade relativa de 30%

A velocidade média do ar (não direcional) na zona de ocupação não deve ultrapassar:

a) 0,15 m/s para distribuição de ar convencional (grau de turbulência 30% a 50%)

b) 0,20 m/s para distribuição de ar por sistema de fluxo de deslocamento (grau de turbulência inferior a 10%)”.

Ainda existem recomendações a serem seguidas para avaliação e controle.

A norma sugere avaliar a conformidade dos parâmetros ambientais quando novas instalações ou reformas das instalações existentes forem colocadas em serviço (com a finalidade de ensaio, ajustes ou balanceamento) ou sempre que houver suspeita de desvio, queixa ou contestação pelos ocupantes.

2.11.1.2 Para proteção da saúde e diluição de poluentes a valores aceitáveis

A vazão de ventilação é quantidade de ar a ser insuflada ou retirada. Em ambientes não industriais, é a taxa de ventilação por ocupante ou número de trocas de ar por unidade de tempo, normalmente fornecida em m³/h ou pé³/min, sendo calculada da forma prevista na equação 10:

$$QN = (N^{\circ} \text{ de Ocupantes máximo}) \times (\text{vazão específica recomendada por ocupante}) \text{ (eq.10)}$$

Quando o sistema faz passar um volume de ar igual ao volume do ambiente diz-se que ocorreu uma renovação ou que houve uma troca completa do ar do

recinto. Como o número de renovações é dado em unidade de tempo, então o número de renovações por hora será calculado pela equação 12:

$$Q = V \cdot N^{\circ} \quad (\text{eq. 11})$$

$$N^{\circ} \text{ trocas de ar/h} = \frac{Q(m^3/h)}{V(m^3)} \quad (\text{eq. 12), onde:}$$

Q: vazão de ar (m³/h)

V: volume de ar (m³)

N^o: Número de trocas (ou renovações) por hora (N^oRen/h)

No entanto, quando a geração de aerodispersóides no ambiente foi avaliada qualitativa e quantitativamente, a vazão necessária para diluição de gases e vapores, visando a não ultrapassagem do limite de tolerância, é expressa por:

$$Q = \frac{G}{M} \cdot 24,1 \cdot \frac{10^6}{LT} \cdot K, \quad (\text{eq. 13) onde:}$$

Q: vazão de ar (m³/h);

G: Taxa de geração do poluente (kg/h);

M: Massa molecular do poluente (kg/kg.mol);

24,1: Volume em m³ ocupado por 1 kg.mol de qualquer gás a 21°C e 1 atm;

LT: Limite de Tolerância do poluente considerado (em ppm);

K: Fator de efetividade da distribuição do ar. Varia de 1,5 a 10 conforme dados a tabela 12 (USP, 2012b).

Tabela 12 - Fator de efetividade de distribuição do ar - fator K

TIPO DE ENTRADA E/OU SAÍDA DO AR	ALTAMENTE TÓXICO (TLV < 100 PPM)	MODERADAMENTE TÓXICO (100 <LT <500 PPM)	LEVEMENTE TÓXICO (TLV > 500 PPM)
Entrada de ar por teto Perfurado	Não se recomenda o uso de VGD	3	1,5
Entrada de ar por bons difusores	Não se recomenda o uso de VGD	3 a 6	2 a 3
Entrada de ar por aberturas normais existentes e saídas por exaustores de parede	Não se recomenda o uso de VDG	6 a 10	3 a 6

Fonte: ACGIH *apud* USP, 2012d, p. 181.

No caso da ocorrência simultânea de vários contaminantes no mesmo ambiente é importante considerar o efeito aditivo ou sinérgico. A metodologia sugerida para cálculo do LT da mistura estará excedido se o somatório entre as frações individuais de concentração e o limite de tolerância for maior que a unidade:

$$\frac{C_1}{LT_1} + \frac{C_2}{LT_2} + \dots + \frac{C_N}{LT_N} > 1 \quad (\text{eq. 14) onde:}$$

Ci: concentração do poluente (i) no ambiente;

Lti: Limite de Tolerância do poluente (i).

Dessa forma, a taxa de ventilação para a mistura dos poluentes com efeitos aditivos será a soma das taxas de ventilação individuais. Quando os efeitos forem independentes, utiliza-se a maior taxa de ventilação individual.

2.12 EFEITOS E DOENÇAS CAUSADAS PELO CALOR E INFLUÊNCIA DA VENTILAÇÃO

As consequências do calor ao ser humano podem ser classificadas em 3 tipos:

- a) **Psicológicas:** desconforto, irritação, absenteísmo (ausência ao trabalho) e eficiência reduzida para trabalhos cognitivos;
- b) **Fisiológicas:** desbalanceamento do conteúdo de água e sal, alterações do sistema circulatório, capacidade de trabalho reduzida e exaustão e;
- c) **Psicofisiológicas:** aumento de erros, eficiência reduzida para trabalhos especializados e aumento de acidentes.

Dessa forma, a velocidade do ar é importante, tanto na troca de calor por condução-convecção quanto na troca por evaporação, atuando para amenizar a temperatura ambiente, ao mesmo tempo que se conduz as correntes de ar contendo poluentes, caso seja projetada e instalada para tal. Entretanto, deve-se ter atenção pois correntes superiores a 5,0 m/s podem gerar influências negativas em sistemas de ventilação local exaustora próximos às áreas de insuflação.

O Ministério da Saúde também relata os males e patologias associadas à exposição a sobrecarga térmica. Os traumas oculares como a catarata estão dentre eles, além de glaucoma e o deslocamento de retina (BRASIL, 2001, p. 242). A infertilidade masculina e a urticária também são relatados como efeitos decorrentes da exposição ao calor (BRASIL, 2001, p. 401 a 499). A Classificação Internacional de enfermidades (OMS/75 *apud* USP, 2012) relacionou as consequências pela exposição ao calor: golpe do calor, síncope do calor, câibras do calor, prostração hídrica devido ao calor, prostração térmica devida à queda do teor de cloreto de sódio, fadiga transitória, crônica pelo calor, entre outros. É importante relatar que a aclimação é um fator gradual e que interfere no aparecimento dos sintomas da exposição ao calor. Fatores como obesidade, uso de drogas, a desnutrição e o sexo

feminino dificultam a aclimação, trazendo maior sofrimento aos trabalhadores. Evidentemente alguns desses efeitos podem estar associados a ausência ou a deficiência na ventilação dos ambientes laborais.

2.13 EFEITOS PROVOCADOS POR AGENTES QUÍMICOS E SUA CORRELAÇÃO COM A VENTILAÇÃO

Consideram-se agentes químicos as substâncias, compostos ou produtos, que possam penetrar no organismo pela via respiratória, nas formas de poeiras, fumos, névoas, neblinas, gases ou vapores, ou que, pela natureza da atividade de exposição, possam ter contato ou ser absorvidos pelo organismo através da pele ou por ingestão (MTE, 1994). São riscos provocados pela presença de substâncias químicas no ambiente ocupacional, como matéria-prima, produtos intermediários ou finais, como materiais auxiliares. As condições operacionais de uso podem fazer com que esses materiais entrem em contato com as rotas de entrada por inalação, absorção, ingestão ou injeção, interagindo sistemas internos tais como sistema nervoso, circulatório ou reprodutivo, chegando às rotas de saída como o fígado, rins ou sistema digestivo (SESI, 2007, p. 183). O ramo da medicina que estuda o efeitos das ações nocivas de substâncias químicas sobre os mecanismos biológicos é a toxicologia, que se subdivide em toxicodinâmica e toxicocinética. Os agentes tóxicos podem ser classificados em:

- a) Irritantes: são corrosivos e produzem bolhas e ferimentos na pele e mucosas. Alguns afetam o trato respiratório superior atingindo nariz, traquéia e faringe, como a amônia e o ácido clorídrico e outros os pulmões, tais como o cloro o flúor, o ozônio e o ácido sulfídrico. Os efeitos crônicos podem atingir o trato respiratório inferior como no caso do fosgênio ou tricloreto de arsênico;
- b) Asfixiantes: afetam a oxidação dos tecidos, diluindo o oxigênio ou impedindo o seu transporte através do sangue. Se subdividem em simples: etano, metano, nírogênio, hélio, etc.; ou químicos: CO, isocianato de metila, anilina, nitrobenzeno, etc.;
- c) Narcóticos: exercem ação anestésica em casos extremos. São exemplos os hidrocarbonetos acetilênicos e parafínicos, éter etílico, cetonas e álcoois alifáticos;

d) Tóxicos sistêmicos: têm predileção por alguns órgãos ou sistemas tais como vísceras, podem afetar a formação do sangue ou o sistema nervoso, mas também podem comprometer todo o corpo. Outros são causadores de dano sistêmico progressivo como é o caso clássico de alguns metais como o chumbo, o mercúrio e o berilo. Além disso, outros particulados que não estão classificados nesta categoria merecem destaque por provocar fibrose pulmonar como a sílica e o amianto (MACINTYRE, 1990, p. 16).

A ventilação atua diretamente na prevenção de efeitos e doenças relacionadas à exposição a agentes químicos, seja na diluição de altas concentrações de contaminantes a níveis menores que os LTs, seja na captura dos aerodispersóides antes que possam atingir a zona respiratória e produzir os efeitos, sejam eles sistêmicos ou localizados.

3 MATERIAL E MÉTODO

3.1 ESCOPO INICIAL

Este trabalho tem como propósito avaliar qualitativa e quantitativamente os sistemas de ventilação existentes em um órgão público do Distrito Federal e analisar a sua influência sobre a saúde dos trabalhadores. Utilizou-se como fonte de apoio as Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), a publicação *Industrial Ventilation - A Manual of Recommended Practice*, da *American Conference of Governmental Industrial Hygienists - ACGIH*, as normas brasileiras da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, em especial a NBR 16401, que trata das instalações de ar condicionado - Sistemas centrais e unitários (partes 1, 2 e 3) e o capítulo 19 - Avaliação de Sistemas de Ventilação, da apostila Higiene do Trabalho - parte C, do curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho da Universidade de São Paulo (EPUSP, 2012), além de documentos oficiais fornecidos pela instituição estudada. A revisão bibliográfica e os levantamentos de campo foram realizados no período de 10 de janeiro de 2014 a 30 de abril de 2014.

Inicialmente fez-se uma revisão da literatura, definição do escopo e das ferramentas necessárias à realização do estudo. Em seguida procedeu-se a identificação dos ambientes que dispunham de sistemas de ventilação para conforto térmico ou para captação/dispersão de poluentes. Passou-se então à observação e registro das tarefas executadas pelos trabalhadores, análise dos aspectos construtivos e de operação dos SVGD e SVLE instalados, juntamente com análise de documentos legais em matéria de Segurança e Saúde no Trabalho. Com o auxílio dos equipamentos disponíveis foram feitas avaliações da velocidade do ar, determinação do Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo - IBUTG e aplicação do questionário indicado no Anexo 1 deste trabalho, sugerido pela NBR 16401-3 - Avaliação dos Sistemas de Ar Condicionado (ABNT, 2008). A partir daí, estabeleceu-se as conclusões, incluindo as possíveis soluções e recomendações para melhoria dos sistemas.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DA INSTITUIÇÃO ESTUDADA

O órgão analisado é uma empresa pública do Governo Distrito Federal. Tem por finalidade a execução de atividades imobiliárias, compreendendo a utilização, aquisição, administração, disposição, incorporação, oneração ou alienação de bens. Durante a construção de Brasília se oficializou, na Companhia Urbanizadora, um departamento responsável pelas atividades imobiliárias. Com a consolidação de Brasília, houve a necessidade de desmembramento dessas atribuições. Uma lei federal criou esta Companhia, integrante do complexo administrativo, com a finalidade gerir o patrimônio imobiliário, assim como realizar, direta ou indiretamente obras e serviços de infraestrutura no DF, regida pela lei das sociedades por ações, sendo que do seu capital social, 51% pertencem ao DF e 49% a União.

A partir de 1997, a empresa passou a exercer a função de Agência de Desenvolvimento e, em 2011, com o novo estatuto, foi implementado e consolidado esse novo papel, dando maior envergadura para execução das políticas de desenvolvimento econômico meio da proposição, operacionalização e implementação de programas e projetos de desenvolvimento econômico e social, podendo para tanto, executar as seguintes ações:

- a) Operacionalizar atividades imobiliárias, de modo a gerar recursos para o investimento em infraestrutura econômica e social, bem como assegurar a sustentabilidade de longo prazo de suas receitas;
- b) Estabelecer de parcerias público-privadas (PPPs), constituição de sociedade de propósito específico (SPEs), promoção de operações urbanas consorciadas para implantação e desenvolvimento de empreendimentos considerados estratégicos;
- c) Promover estudos e pesquisas, bem como levantamento, consolidação e divulgação de dados, com periodicidade regular, relacionados com o ordenamento urbano, o provimento habitacional e o mercado imobiliário no Distrito Federal;
- d) Promover, direta ou indiretamente, investimentos em parcelamentos do solo, infraestrutura e edificações com vistas à implantação, no interesse do Distrito Federal, de programas e projetos de:

- i. Expansão urbana e habitacional;
- ii. Desenvolvimento econômico, social, industrial e agrícola;
- iii. Desenvolvimento do setor de serviços;
- iv. Desenvolvimento tecnológico e de estímulo à inovação;
- v. Construção, manutenção e adequação física e operacional de bens imóveis destinados à prestação de serviços públicos.

A importância da empresa na economia local pode ser avaliada pelos seus empreendimentos, os quais têm efeito multiplicador no desenvolvimento do DF destacando-se:

- a) Incentivo à atividade produtiva: venda de lotes a preços subsidiados para atender empresas inscritas no Programa de Desenvolvimento Econômico do Distrito Federal (Pró-DF);
- b) Função social da terra: cessão de áreas para implantação de programas sociais de habitação destinados à população de baixa renda;
- c) Responsabilidade ambiental: destinação de áreas para criação de parques ecológicos, contribuindo para recuperar áreas degradadas e preservar o ecossistema do cerrado;
- d) Financiamento de grandes obras: repasse dos recursos financeiros arrecadados com a venda de imóveis para aplicação em obras de infraestrutura, como: Ponte JK, Metrô, Estádio Nacional de Brasília, Feira da Torre, Nova Rodoviária, Torre Digital, Centro de Convenções Ulysses Guimarães;
- e) Apoio à cultura e ao esporte: patrocínio de eventos culturais e esportivos no DF, como o Festival de Brasília do Cinema Brasileiro;
- f) Apoio à construção de escolas públicas: repasse dos recursos financeiros necessários à construção de escolas públicas nas diversas regiões administrativas do Distrito Federal (Portal Institucional, 2014).

3.2.1 Estrutura física

A Agência possui as seguintes instalações:

- a. Um edifício sede, contendo 5 pavimentos, além de térreo e subsolo, totalizando 7.132 m². No 5º pavimento está localizado o servidor de dados (*data center*) e a maior parte da estrutura de Tecnologia da Informação. No subsolo fica a central de nobreak, o transformador geral, uma garagem para veículos da diretoria, o SESMT, o almoxarifado, a reprografia e o restaurante, além de outras seções administrativas (figura 18);
- b. Garagem para veículos oficiais, de pavimento térreo, com 1.514 m² de área construída, escritório e boxes para lavagem de veículos, para borracharia e para oficina mecânica;
- c. Outro imóvel, contíguo à garagem, com três edificações térreas, somando aproximadamente 1.515 m² de área construída, destinados ao depósito de bens patrimoniais, setor de fiscalização contra invasões de terras e marcenaria; e.
- d. Um terceiro prédio, também térreo, em formato de galpão metálico, com 415 m² de área construída, destinado ao arquivo geral de documentos. Todos os prédios distam a, no máximo, 01 km do edifício sede.

Além disso, alguns setores executam suas atividades em imóveis de propriedade da Agência em sua área de abrangência, ou seja, em todo o Distrito Federal como, por exemplo, os setores de topografia, fiscalização e avaliação.

EDIFÍCIO SEDE, ÁREA EXTERNA

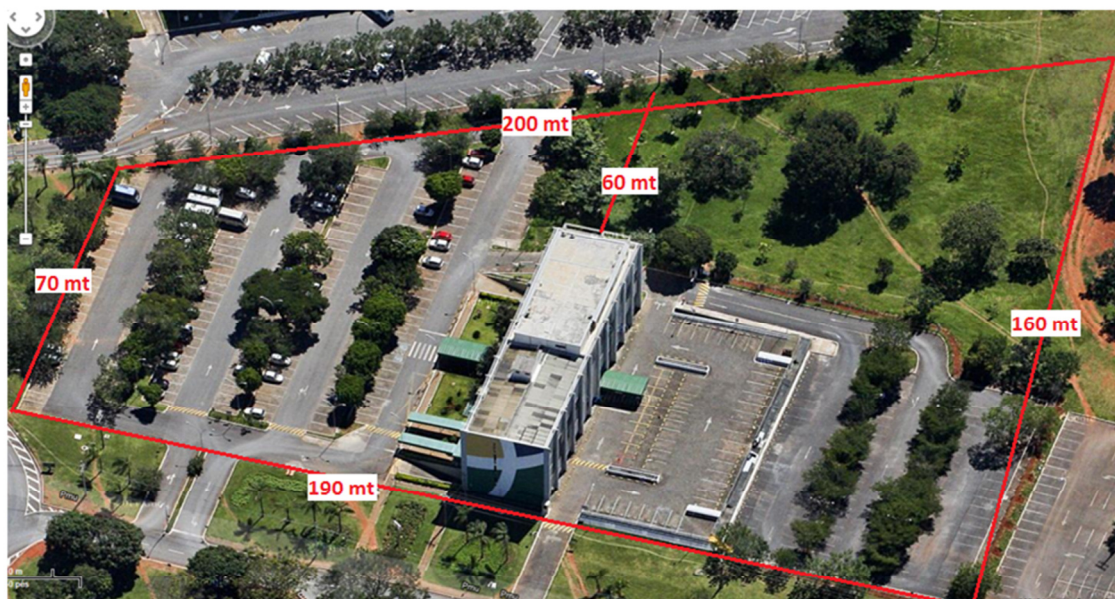


Figura 18 – Vista aérea do edifício sede da Companhia
 Fonte: Google Earth, *apud* arquivos da empresa

3.2.2 SEESMT e CIPA

A empresa está enquadrada no Código Nacional de Atividades Econômicas - CNAE do MTE no código 68.10-2-01 - compra e venda de imóveis próprios, classificada segundo o quadro I da Norma Regulamentadora 04, grau de Risco 01. Consultando o quadro II da mesma NR verifica-se, considerando um número de 712 empregados ativos (janeiro 2014), que o SESMT deve ser composto de, no mínimo, 01 técnico de segurança do trabalho. No entanto, a Agência possui registrado junto à Superintendência Regional do Trabalho e Emprego: 01 médico do trabalho, 02 auxiliares de enfermagem do trabalho e 02 técnicos de segurança do trabalho. Para atualização dos seus laudos técnicos contratam-se serviços de engenharia de segurança do trabalho de empresas prestadoras de serviço. Além disso, compõe ainda o seu SESMT uma assistente social.

Para estabelecimento da Comissão Interna de Prevenção de Acidentes - CIPA utiliza-se o código CNAE da empresa e consulta-se o quadro II da Norma Regulamentadora 05, chegando-se ao código "C-29" através do Agrupamento de Setores Econômicos para Dimensionamento da CIPA. Então, consultando a matriz do quadro I, que trata do dimensionamento de CIPA e fazendo o cruzamento da

coluna correspondente ao número de empregados do estabelecimento com o respectivo código de agrupamento, chega-se a 2 membros efetivos e 2 suplentes em cada grupo de representantes (empregador e empregados). A Companhia atende ao previsto e vai além ao contar com 10 integrantes, considerando-se o secretário e seu substituto.

3.2.3 Dos ambientes e sistemas de ventilação identificados e analisados

Grande parte das unidades organizacionais executa tarefas em escritório, em ambiente ventilado por meios naturais (janelas e caixilhos), eventualmente resfriados por sistemas de unitários de condicionamento de ar. Os 20 setores que se localizam em subsolo único são ventilados indiretamente através de janelas tipo basculante, voltadas para os poços de ventilação (jardim de inverno) e complementados por aparelhos de ar condicionado tipo janela ou por modelos "split". Desses, pelo menos 3 (três) núcleos captam o ar de corredores ou halls internos, sem quaisquer garantias quanto à sua qualidade ou quantidade de trocas por hora (Tr/h). Como medida complementar para conforto ambiental foram instalados, no hall principal onde ficam as mesas e cadeiras do restaurante, 4 (quatro) climatizadores de ar de 50m² de cobertura e 8m linear, com 339 watts (figura 19) de potência, na tentativa de manter o ambiente agradável em épocas de altas temperaturas na região centro-oeste. Não foram encontrados registros de que as aberturas existentes conseguem manter, no subsolo, a taxa de renovação de ar de 27 m³/hora/pessoa ou que os ambientes estejam dentro do limite de 1000 ppm de CO₂ determinados pela ANVISA na sua Resolução (RE) nº 09, tendo sido realizada apenas uma medição de Monóxido de Carbono (CO) no Núcleo de Benefícios em 2008, conforme cópia do relatório de medição do PPRA constante do Anexo 3. Há queixas quanto à má circulação do ar, temperatura excessiva e outros tipos de desconforto respiratório relatadas em atas de reuniões da CIPA, da brigada contra incêndio e em registros do SESMT. Este trabalho limitou-se a analisar setores da companhia que possuíam, durante o período em estudo, sistemas de ventilação geral diluidora, local exaustora ou unidades que não dispunham de captação direta de ar externo através de suas janelas, portas, aberturas e etc. Os subitens 3.2.7.1 a 3.2.7.6 descrevem fisicamente os setores/atividades analisados.



Figura 19 – Umidificadores instalados no saguão principal do subsolo onde fica o restaurante
Fonte: arquivo pessoal

3.2.3.1 Marcenaria

A atividade se desenvolve em edificação térrea, composta por galpão predominantemente metálico, contendo 1.000m² de área construída e pé-direito de 5m de altura e 4 exaustores heólicos instalados no teto. As figuras 20 e 21 dão uma visão geral da marcenaria. O prédio abriga concomitantemente um depósito para materiais inservíveis (móveis e equipamentos), serralheria, arquivo de documentos do setor de pessoal e jurídico, com divisões feitas por alambrado metálico. Em local contíguo localiza-se um banheiro/vestiário. A fiação elétrica está exposta em alguns locais, não existindo segregação para aplicação de tintas/verniz e muito menos área para armazenamento de materiais, que estão perigosamente empilhados na parte superior do mezanino, com risco de desabamento (figura 22). Dispõe das seguintes máquinas: tupia de bancada, desempenadeira, serra circular de bancada, seccionadora, serra esquadrejadeira, furadeira horizontal e de bancada, filetadeira de bancada e de borda, motoesmeril e compressor de ar, além de diversas outras ferramentas manuais. Dispõe de 4 marceneiros e 2 ajudantes gerais.



Figura 20 - Visão geral da marcenaria com seccionadora para cortes de chapas e compensados
Fonte: arquivo pessoal



Figura 21 - Detalhe da marcenaria com serra circular e desempenadeira (ao fundo)
Fonte: arquivo pessoal



Figura 22 - Detalhe do armazenamento inadequado de madeira no mezanino da marcenaria
Fonte: arquivo pessoal

3.2.3.2 Cozinha

A cozinha do restaurante, administrado pela associação dos servidores, localiza-se no subsolo. É responsável por preparar e servir refeições como café-da-manhã, almoço e lanche aos servidores. Possui área de 140 m² em alvenaria, cobertura por laje de concreto, piso em Paviflex® e iluminação por lâmpadas tipo fluorescentes tubulares. O Anexo 2 mostra o croqui com os equipamentos instalados. Dispõe ainda de 3 sistemas exaustores, instalados sobre o fogão, a grelha e o forno a gás (GLP), instalados para retirada de fumaça e gordura, ou seja, retirada dos poluentes (figuras 23 e 24). Possui um cozinheiro, um salgadeiro, um ajudante de cozinha e três auxiliares de serviços gerais.



Figura 23 - Visão geral dos exaustores tipo coifa sobre o fogão industrial e grelha elétrica
Fonte: arquivo pessoal



Figura 24 - Detalhe do captor tipo lateral sobre o forno a gás
Fonte: arquivo pessoal

3.2.3.3 Núcleo de Próprios - NUPRO

Setor que fica na porção central do subsolo, abriga 07 trabalhadores e dispõe de 20 m² de área, cobertura por laje de concreto, pé-direito de 2,7m e piso em Paviflex® e iluminação feita por lâmpadas fluorescentes tubulares. É responsável por administrar os próprios não destinados ao uso da Companhia, mantendo organizados e atualizados os respectivos contratos e controlando o cumprimento das obrigações contratuais, conforme art. 36 do RI (Regimento Interno, 2013, p. 20).

3.2.3.4 Ouvidoria - OUVID

Unidade que atualmente está abrigada na porção nordeste do subsolo, dispõe de 28,5m² de área, possui paredes em divisórias de madeira com pé-direito de 2,7m de altura, piso em Paviflex® e iluminação feita por lâmpadas fluorescentes tubulares. Mantém 4 empregados, sendo responsável por responder às reclamações, denúncias, sugestões ou demais contribuições dirigidas à empresa por seus clientes internos e externos e pela sociedade em geral, nos termos do art. 19 do RI (Regimento Interno, 2013, p. 14).

3.2.3.5 Gerência de Contabilidade - GECOT

Gerência que possui duas unidades organizacionais subordinadas e localiza-se a norte do piso subsolo do edifício sede, com cerca de 82,30m² de área edificada, paredes em alvenaria, janelas em esquadrias de ferro e divisórias em madeira, pé-direito de 2,7m, piso em Paviflex® e iluminação feita por lâmpadas fluorescentes tubulares. Dispõe de 11 trabalhadores e tem as atribuições de planejar, supervisionar e controlar as atividades do Núcleo de Registros Contábeis e do Núcleo de Controle de Custos e assessorar o Conselho Fiscal, quando solicitado, conforme o art. 30 do RI (Regimento Interno, 2013, p. 18).

3.2.4 Jornadas de trabalho exercidas

Os trabalhadores da cozinha exercem jornadas de 40 horas semanais, de segunda a sexta-feira, de 07h às 16h com 01 hora de intervalo. Os demais setores

realizam dois turnos ininterruptos de 6 horas, sendo o primeiro de 07h às 13h e o segundo de 13h às 19h. As funções de confiança exercem 40 horas semanais, cumpridas de maneira flexível.

3.3 INSTRUMENTAL UTILIZADO

Para avaliações qualitativas e quantitativas das condições ambientais aos sistemas SVGD e SVLE instalados utilizou-se uma câmera fotográfica digital, entrevistas com os trabalhadores, além da aplicação do questionário A.2 sugerido no anexo da NBR 16401-3:2008 da ABNT (Anexo 1) e análise dos documentos legais em matéria de saúde e segurança do trabalho, gentilmente fornecidos pela empresa. Para as avaliações quantitativas deste trabalho utilizou-se:

- a. Trena retrátil de 5m de comprimento;
- b. Termo-Higro-Anemômetro-Luxímetro digital portátil com sonda acoplada, marca *DP UNION*, modelo *DPU-820*, nº de série: *Q345229*;
- c. Medidor de stress térmico – Termômetro de globo digital marca *QUEST TECHNOLOGIES*, modelo *Questemp10*, nº de série *JX6010013*;

As medições foram executadas com os instrumentos em perfeitas condições eletromecânicas, devidamente calibrados antes da execução dos trabalhos, conforme cópia dos certificados de calibração constantes do Anexo 4 e tendo como critério para validação da amostragem uma variação menor ou igual a 5% no momento da leitura. Além disso, não foram identificados campos magnéticos que pudessem causar interferências inaceitáveis. Também foram consultados outros documentos como projetos, croquis, esboços e relatórios como referência.

3.4 IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS

O critério utilizado para identificação dos agentes de risco (condições perigosas), presentes ou relacionados ao trabalho, foi à tabela I (Anexo IV) da Portaria nº 25 da Secretaria de Segurança e Saúde no Trabalho – SSST, do Ministério do Trabalho e Emprego (SSST, 1994) e o contido no capítulo 2 da publicação Doenças Relacionado ao Trabalho, nos seus cinco grandes grupos:

- a) Físicos: ruído, vibração, radiação ionizante e não-ionizante, temperaturas extremas (frio e calor), pressão atmosférica anormal, umidade, entre outros;
- b) Químicos: agentes e substâncias químicas, sob a forma líquida, gasosa ou de partículas e poeiras minerais e vegetais, comuns nos processos de trabalho;
- c) Biológicos: vírus, bactérias, parasitas, protozoários, fungos e bacilos;
- d) Ergonômicos e Psicossociais: decorrem da organização e gestão do trabalho, como, por exemplo: da utilização de equipamentos, máquinas e mobiliário inadequados, levando a posturas e posições incorretas; locais adaptados com más condições de iluminação, ventilação e de conforto para os trabalhadores; esforço físico intenso e levantamento e transporte manual de cargas, trabalho em turnos e noturno; monotonia ou ritmo de trabalho excessivo, exigências de produtividade, relações de trabalho autoritárias, falhas no treinamento e supervisão dos trabalhadores e outras situações de *stress* físico ou psíquico;
- e) Mecânicos e/ou Acidentes: ligados à proteção das máquinas, arranjo físico, ordem e limpeza do ambiente de trabalho, sinalização, eletricidade, probabilidade de incêndio ou explosão, armazenamento inadequado, rotulagem de produtos e outros que podem levar a acidentes do trabalho (MS e OPAS, 2001, p. 28).

3.5 MEDIDAS DE CONTROLE DOS RISCOS

A hierarquia para determinação ou modificação nos controles dos riscos (perigos) identificados neste trabalho considerou a efetividade na sua redução, conforme previsto na *Occupational Health and Safety Assessment Series (OHSAS)* – 18.001, da seguinte forma (VERITAS, 2007):

- a. Eliminação: eliminar a condição perigosa, substituindo etapas, produtos, equipamentos, processos ou outros agentes com perigos potenciais;
- b. Substituição: significa reduzir a condição perigosa a níveis mais “aceitáveis” ou toleráveis, através da diminuição do tempo de exposição do trabalhador diante de uma atividade de alto risco ou da redução da intensidade, magnitude, concentração ou dose de um determinado agente físico, químico, biológico, ergonômico ou

mecânico. Juntamente com a eliminação são os meios mais eficientes, porém mais difíceis de implantar e com maior custo;

- c. Controles de engenharia: controlar a condição perigosa que não pôde ser eliminada e/ou reduzida através da instalação de proteções, barreiras, sensores, alarmes, ventilações e enclausuramentos possíveis. Embora possuam custo inicial maior que os EPIs, a relação custo-benefício é mais favorável no longo prazo;
- d. Sinalização/alertas e/ou controles administrativos: significa gerir a condição perigosa através de permissões de trabalho (Pet's), instruções operativas, placas de advertência ou sinalizações, ministrar treinamentos e realização de campanhas de sinalização;
- e. Equipamentos de proteção individual (EPIs): significa fornecer equipamento de proteção individual ao trabalhador, reduzindo as possíveis consequências relativas aos diversos tipos de energias presentes e que podem se tornar um risco (probabilidade *versus* consequência) a depender do seu tipo. Podem ser a solução inicialmente mais vantajosa, mas, devido à variabilidade do ser humano pode se tornar de difícil manutenção no longo prazo (USP, 2012d).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DOS AMBIENTES QUE POSSUEM SVGD E SVLE

4.1.1 Cozinha

4.1.1.1 Avaliação Qualitativa

Preliminarmente, foi feita uma inspeção visual dos aspectos construtivos e de funcionamento dos três sistemas de ventilação local exaustora instalados na cozinha. Não foi possível identificar, através das entrevistas feitas com os trabalhadores e com o responsável técnico (nutricionista), a existência de um projeto que levasse em consideração as reais demandas do ambiente. Utilizando-se das recomendações contidas no Capítulo 19 – Avaliação dos Sistemas de Ventilação (USP, 2012f, p. 256 a 268) foi possível observar o seguinte:

- a) SVLE dos fogões: possui captor em formato de coifa (dimensões: 0,52 x 2,00 x 1,20), ângulo de entrada de 45°, posicionado a 1,90m de altura do piso e a 0,90m de distância das fontes (panelas e similares), encontrando-se desalinhado em relação à emissão de poluentes (figura 23). O trabalhador não permanece na zona de captura e a observação do padrão de fluxo de ar mostrou turbulências e dispersão dos gases na zona de influência do captor. Não dispõe de sistema de filtros e apresenta sinais internos de corrosão e de falta de manutenção para retirada de incrustações. A rede de dutos possui formato retangular, é feita de material metálico com pintura anticorrosiva, não possui singularidades e aberturas para limpeza ou medições e apresenta 5 curvas de 90° até a chegada no ventilador (figura 25). Este por sua vez é do tipo axial e a emissão dos gases residuais é feita por chaminé na vertical finalizada por “chapéu chinês”, que está a 1,4m de altura da edificação (figura 27) e possui diâmetro de, aproximadamente, 0,30m;
- b) SLVE da chapa/grelha: possui captor em formato de coifa (dimensões: 0,38 x 1,70 x 0,76), ângulo de entrada de 45°, posicionado a 1,90m de altura do piso e a 1,2m de distância das fontes, encontrando-se alinhado em relação à emissão de poluentes. O trabalhador não permanece na zona de captura e a observação do padrão de fluxo de ar mostrou ser uniforme para condução dos

gases na zona de influência do captor (figura 26). Não possui sistema coletor e apresenta sinais internos de corrosão e falta de manutenção para retirada de incrustações. A rede de dutos é feita de material metálico com pintura anticorrosiva em formato retangular, não possui singularidades e aberturas para limpeza ou medições e apresenta 2 curvas de 90° até a chegada no ventilador. Este por sua vez é do tipo axial e a emissão dos gases residuais é feita por chaminé na vertical finalizada por “chapéu chinês”, que está a 1,4m de altura da edificação (figura 27) e possui diâmetro de, aproximadamente, 0,30m;



Figura 25 - Detalhe da tubulação do SVLE dos fogões
Fonte: arquivo pessoal



Figura 26 - Fluxo de ar do sistema chapa/grelha
Fonte: arquivo pessoal

- c) SVLE do forno: possui captor tipo lateral (dimensões: 0,325 x 0,295), posicionado a 2,0m de altura do piso e a 0,7m de distância da fonte, sendo utilizado para retirada de gases quentes (figura 24). Não possui sistema de filtros e a rede de dutos é feita de material metálico com pintura anticorrosiva

em formato retangular, não possui singularidades e aberturas para limpeza ou medições e apresenta apenas 1 curva de 90° até a chegada no ventilador, que é do tipo axial. A emissão dos gases residuais é feita por chaminé na vertical finalizada por “chapéu chinês”, que está a 1,4m de altura da edificação (figura 27) e possui diâmetro de, aproximadamente, 0,30m.



Figura 27 - Conjunto ventilador-chaminé do SVLE da cozinha
Fonte: arquivo pessoal

Os aspectos de sujeidade encontrados denotam a urgente necessidade de revisão do sistema, sob o risco de ocasionar um incêndio considerando a quantidade gordura impregnada tanto nos captores quanto na chaminé (figura 27). Além disso, a não absorção dos vapores gerados podem assentar no piso e causar quedas e outros acidentes.

4.1.1.2 Avaliação quantitativa

Para determinação da vazão de ar foi realizada a medição da velocidade de captura, obtida com anemômetro nas superfícies de entrada dos captores. Os valores médios verificados e o cálculo das vazões estão demonstrados na tabela 13. Os valores de velocidade do ar estão abaixo do mínimo necessário, de 5m/s, para permitir o arraste do fluxo de gorduras sem deposição na tubulação, conforme a tabela 5.1. *Range of Minimum Duct Design Velocities* (ACGIH, 2010, p. 5-10).

As medições de velocidade do ar, feitas nas faces das janelas para verificar as taxas de ventilação por pessoa para retirada de calor, mostraram taxas entre 0,0 e 0,1 m/s em cada janela basculante. Utilizando-se o valor médio de 0,05m/s

multiplicado pela área útil ($0,13\text{m}^2$) temos $0,0065\text{m}^3/\text{s}$ ou $23,4\text{m}^3/\text{h}$ por janela. Considerando as 08 janelas que a cozinha dispõe, então a vazão total é de $187,2\text{m}^3/\text{h}$, divididos por 6 empregados então temos $31,2\text{m}^3/\text{hora/pessoa}$, atendendo ao previsto na tabela 10, caso todas elas estejam abertas.

Tabela 13 - Velocidades de captura e vazão de ar

SISTEMA	VELOCIDADE DE CAPTURA - V (m/s)	ÁREA DO CAPTOR - A (m^2 - SEÇÃO TRANSVERSAL)	VAZÃO DE AR - Q (m^3/s)
Fogões	0,2	2,4	0,48
Chapa/grelha	0,4	1,3	0,52
Forno	0,5	0,1	0,05

Fonte: Elaborado pelo autor

Foram feitas também avaliações para determinação da exposição ao calor, considerando os dispositivos legais percorridos em 2.9. A metodologia seguida foi o previsto na NHO 08 (FUNDACENTRO, 2002, p. 22 a 27) e o aparelho utilizado foi o equipamento eletrônico descrito em 3.3, devidamente calibrado (conforme certificados contidos no Anexo 4) e contendo: termômetro de bulbo úmido natural, termômetro de globo (de 2") e termômetro bulbo seco. As medições foram efetuadas no local onde permanecia os trabalhadores, à altura da região do corpo mais atingida (figura 28). Os resultados da avaliação estão descritos na tabela 14.



Figura 28 - Avaliação de calor na cozinha
Fonte: arquivo pessoal

Ao se comparar os tipos de atividade realizadas na cozinha com a tabela 04 verifica-se, arbitrariamente, que tais podem ser classificadas como trabalho moderado. O Limite de tolerância para trabalhos contínuos, segundo a Tabela 05 é de até $26,7^{\circ}\text{C}$. Desta forma, se comparado com os índices de IBUTG verificados

pelas medições a atividade não pode ser classificada como insalubre devido à exposição ao calor. No entanto, quando se confronta com os valores da tabela 09 verifica-se que a Tbs está no limite do recomendado pela NBR 6401, de 27,0°C, além dos relatos de sintomas típicos da exposição ao calor, principalmente em períodos de verão e de grande estiagem. Portanto, novas avaliações devem ser feitas nessas ocasiões para verificação das queixas. Além disso, medidas pessoais como a aclimação para novos trabalhadores, a realização de exames médicos, o fornecimento e treinamento quanto uso adequado de Equipamentos de Proteção Individual – EPI para prevenir os efeitos do calor, além de reposição hídrica e salina, devem ser permanentemente observadas.

Tabela 14 - Resultados da avaliação ambiental de calor

ATIVIDADE	DATA DA MEDIÇÃO	Tbn ¹ (°C)	Tg ² (°C)	Tbs ³ (°C)	IBUTG ⁴ (°C)
Cocção Horário da Avaliação: 10:00 às 10:40 Tempo Total da Avaliação: 40 min	28/04/2014	20,9	29,4	27,1	23,4
Assar pães e tortas Horário da Avaliação: 11:00 às 11:20 Tempo Total da Avaliação: 20 min	28/04/2014	20,9	30,3	27,2	23,7
Grelhar carnes Horário da Avaliação: 12:20 às 12:00 Tempo Total da Avaliação: 40 min	28/04/2014	20,7	29,2	27,1	23,3

- (1) Temperatura, em graus Celsius, do bulbo úmido natural com pavio mantido úmido por capilaridade. Indica a quantidade de refrigeração fornecida ao ser humano através da evaporação;
 (2) Temperatura, em graus Celsius, medida por sensor térmico na parte interna de uma esfera preta exposta ao ambiente. Indica a temperatura radiante do ambiente;
 (3) Temperatura, em graus Celsius, do bulbo seco medida por um sensor totalmente exposto ao ambiente;
 (4) Temperatura calculada por média ponderada dos 2 sensores de temperatura através da seguinte fórmula: IBGT (sem a influência de carga solar) = $0,7T_{bn} + 0,3T_g$.

Fonte: Elaborado pelo autor

4.1.1.3 Recomendações

Baseando-se nas avaliações realizadas e considerando as limitações impostas pela não avaliação de gases, pode-se concluir que, não obstante o Limite de Tolerância para o calor não tenha sido atingido, o que traria impacto direto na saúde dos empregados, os sistemas de ventilação local exaustora instalados na cozinha não funcionam corretamente e não seguem as recomendações técnicas. Há que se revisar o projeto de ventilação, eliminando-se o chapéu chinês da chaminé, instalando painéis laterais nos captadores dos fogões para restringir a zona de

captura, reduzir a quantidade de curvas da tubulação, substituir o formato da rede de dutos de retangular para cilíndrico, redimensionar a potência dos ventiladores e instalar um coletor para separação da gordura emanada.

4.1.2 Marcenaria

4.1.2.1 Avaliação Qualitativa

Dos 10 equipamentos geradores de poeira na marcenaria, apenas 2 possuem dispositivo coletor de pó (filetadeira de borda e seccionadora), pois vieram acoplados originalmente de fábrica. Trata-se de um motoventilador de 2200w de potência, trifásico, de 3400 rpm (figura 29). A captação é feita pela parte inferior da fonte geradora, no caso os discos e lâminas dos equipamentos, permanecendo o operador fora da zona de captura. Entretanto a rede de dutos que interliga as máquinas ao conjunto foi improvisada com mangueiras sanfonadas e tubos de PVC, sem qualquer garantia de vedação ou prevenção contra perda de carga (figura 30). Verificou-se que não há segregação entre as peças que são lustradas ou pintadas, expondo os empregados não envolvidos no processo às substâncias como hidrocarbonetos aromáticos, comuns em tintas, venizes, selantes e diluentes.



Figura 29 - Conjunto exaustor motoventilador instalado para a seccionadora
Fonte: arquivo pessoal

Devido ao volume de ar no recinto, de aproximadamente 1.950m^3 ($5\text{m} \times 19,5\text{m} \times 20\text{m}$), os 4 exaustores eólicos existentes exercem pequena influência na retirada de contaminantes e manutenção do conforto térmico. O grande vão da porta de entrada $3,7\text{m} \times 3,5\text{m}$, aliado a taxas de ventilação de $0,4$ a $0,7\text{m/s}$ faz com que a

renovação do ar seja da ordem de $5,18\text{m}^3/\text{s}$ ou $18.000\text{m}^3/\text{h}$, bastante significativos para os 5 trabalhadores do local, apesar do posicionamento da porta não estar centralizada em relação ambiente.



Figura 30 - Tubulação improvisada entre o ventilador e captor de poeira
Fonte: arquivo pessoal

4.1.2.2 Avaliação quantitativa

As avaliações para determinação da exposição ao calor na marcenaria têm como parâmetro os LTs dispostos em 2.9 e seguiram a mesma metodologia descrita em 4.1.1.2, conforme ilustra a figura 31. Os resultados estão contidos na tabela 15. Ao se comparar os tipos de atividade realizadas na marcenaria com as elencadas na tabela 04 verifica-se, arbitrariamente, que aquelas podem ser classificadas como “trabalho pesado”. O LT para trabalhos contínuos, segundo a tabela 05 é de até $25,0^{\circ}\text{C}$. Desta forma, comparando-se com os índices de IBUTG verificados pelas medições e considerando que não há fontes artificiais de calor, a atividade não pode ser classificada como insalubre, nos termos do anexo 03 da NR 15.

Foram extraídos dados relativos às avaliações ambientais da marcenaria, realizadas em laudos e programas de prevenção da empresa. Os resultados estão demonstrados na tabela 16 e apontam que, a interação entre os agentes, como a baixa iluminação e a exposição à poeira podem, quando combinados, levar a acidentes como cortes e amputações pela reduzida acuidade visual.

Tabela 15 - Resultados da avaliação ambiental de calor na marcenaria

ATIVIDADE	DATA DA MEDIÇÃO	T _{bn} ¹ (°C)	T _g ² (°C)	T _{bs} ³ (°C)	IBUTG ⁴ (°C)
Confeção de estacas					
Horário da Avaliação: 13:00 às 10:30	30/04/2014	16,0	23,2	22,5	18,1
Tempo Total da Avaliação: 30 min					
Desempeno de peças					
Horário da Avaliação: 13:30 às 14:00	30/04/2014	17,4	25,4	23,6	19,8
Tempo Total da Avaliação: 30 min					

- (1) Temperatura, em graus Celsius, do bulbo úmido natural com pavio mantido úmido por capilaridade. Indica a quantidade de refrigeração fornecida ao ser humano através da evaporação;
- (2) Temperatura, em graus Celsius, medida por sensor térmico na parte interna de uma esfera preta exposta ao ambiente. Indica a temperatura radiante do ambiente;
- (3) Temperatura, em graus Celsius, do bulbo seco medida por um sensor totalmente exposto ao ambiente;
- (4) Temperatura calculada por média ponderada dos 2 sensores de temperatura através da seguinte fórmula: IBGT (sem a influência de carga solar) = $0,7T_{bn} + 0,3T_g$;

Fonte: Elaborado pelo autor



Figura 31 - Avaliação ambiental de calor na marcenaria

Fonte: arquivo pessoal

Em relação ao equipamento de proteção respiratória utilizado para redução da concentração das poeiras de madeira, constatou-se que é fornecido pela empresa o respirador purificador de ar do tipo semifacial, sem manutenção (descartável), para vapores orgânicos em baixas concentrações, odores de origem orgânica, pós finos e névoas de líquidos não tóxicos classe PFF1 S. Na ocasião o modelo disponível era da marca *SPERIAN*, modelo WILSON 5141 e Certificado de Aprovação – CA do Ministério do Trabalho nº 18.394. Verifica-se que este modelo atende às recomendações do Programa de Proteção Respiratória da Fundacentro, pois a concentração poeiras respiráveis detectada segundo a tabela 16 é 10 menor que vezes o Limite de Tolerância (FUNDACENTRO, 2007).

Tabela 16 - Avaliações quantitativas dos agentes ambientais na marcenaria

AGENTE AMBIENTAL AVALIADO	NÍVEIS ENCONTRADOS (MEDIDOS)	LIMITE DE TOLERÂNCIA	CONDIÇÃO ¹
Temperatura (bulbo seco) ²	24,9 °C	-----	-----
Umidade relativa do ar ²	42,9%	≥ 40% ³	Satisfatório
Velocidade do ar ²	0,1 m/s	≤ 0,75m/s ³	Satisfatório
Temperatura Efetiva ²	22,0 °C	Entre 20° e 23°C ³	Satisfatório
Iluminação ²	162 lux (desempenadeira)	300 lux ⁴	Insatisfatório
Poeiras Respiráveis ⁵	0,03 mg/m ³	0,5 a 1,0 mg/m ^{3, (6)}	Salubre
Hidrocarbonetos aromáticos ⁵	Presença da substância	Qualitativo ⁷	Insalubre

1. Satisfatório/insatisfatório ou salubre/insalubre;
2. Avaliação ambiental realizada em 15/08/2012 das 15 às 16hs;
3. Conforme Norma Regulamentadora (NR) 17 do MTE;
4. Nível mínimo conforme NBR 5413 da ABNT;
5. Conforme Laudo Técnico de Insalubridade e Periculosidade, de janeiro de 2010;
6. Conforme (TLVs®) e (BEIs®), da ACGIH 2009;
7. Conforme anexo 13 da Norma Regulamentadora (NR) 15 do MTE.

Fonte: (Relatório 001/2012 - NUBEN, 2012)

4.1.2.3 Recomendações

Os resultados das avaliações de calor e de ventilação indicaram que os agentes se encontravam, naquele momento, abaixo do limite de tolerância. Entretanto, verificou-se que os dispositivos para controle de poeira no ambiente estavam instalados apenas nos equipamentos mais modernos. Sugere-se a ampliação dos SVLE para as demais fontes emissoras através de um estudo que integre os sistemas, reduzindo a potência e o consumo de energia, além de garantir tubulações que previnam a perda de carga. Faz-se necessária a segregação hermética da atividade de pintura e aplicação de laca, que deve possuir exaustores exclusivos, evitando a exposição de vapores aos trabalhadores não envolvidos naquela etapa. Os documentos extraídos do SEESMT e as inspeções também revelaram outras situações de risco que devem ser corrigidas, como a melhoria na iluminação e um depósito de matéria-prima e produtos acabados, evitando o armazenamento impróprio.

Outra orientação importante é a necessidade de implantação de programa de manutenção preventiva e corretiva. Muitos dos problemas identificados poderiam ser facilmente corrigidos através de uma simples inspeção visual.

4.2 DOS AMBIENTES QUE POSSUEM APENAS SVGD PARA MANUTENÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO

4.2.1 Análise qualitativa

Dos três ambientes analisados, apenas a Gerência de Contabilidade (Gecot) dispõe de janelas voltadas para o exterior (poço) para fins de ventilação, complementados por aparelhos de ar condicionado de “parede”. As demais unidades utilizam aparelhos modelo *split*, (Nupro 1 e Ouvid 2) com potência de 1.270watts, capacidade de refrigeração de 12.000 Btu/h e vazão de ar de 550 m³/h, que captam o próprio ar ambiente sem renovação exterior, a exceção da própria porta de entrada (conforme ilustrado na figura 32), que deve ser mantida fechada para manutenção da temperatura provida. Essa ausência de janelas com aberturas para o ambiente exterior limita a renovação de ar, que só é feita através das frestas e portas existentes sem nenhuma garantia de qualidade, além de não atender as determinações da Resolução (RE) nº 9 da ANVISA e as recomendações da ASHRAE nº 62-1989, contidas na tabela 09.



Figura 32 - Unidade da ouvidoria sem janelas ou caixilhos
Fonte: arquivo pessoal

4.2.2 Da Análise quantitativa

Diante das queixas informais relacionadas ao mal cheiro existente nas unidades e do contágio por doenças respiratórias, supostamente adquiridas no ambiente de trabalho, optou-se pela realização de entrevista estruturada através do

Questionário indicado no Anexo 1, sugerido pela NBR 16401-3 - Avaliação dos Sistemas de Ar Condicionado, e análise dos seus resultados.

4.2.2.1 Resultado dos questionários

O perfil dos participantes é de pessoas que trabalham em escritório, não fumam, a maioria não possui histórico de alergias respiratórias, e trabalham nos três setores analisados.

- a) Questão 1: Como você descreveria a qualidade do ar nesse local (de trabalho)? O gráfico da figura 33 reforça que a maioria acredita que a qualidade do ar é parado, ratificando a hipótese de falta de ventilação adequada, mesmo em setores como a Gecot, que possuem janelas que estão voltadas para o poço, mas que não exercem muita influência na taxa de renovação de ar.

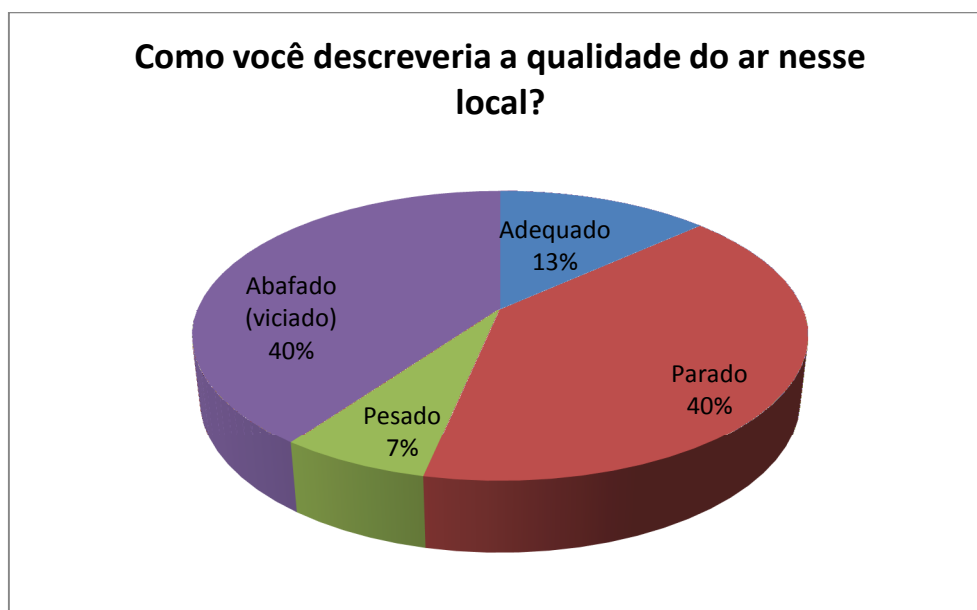


Figura 33 - Gráfico sobre os resultados da questão 1
Fonte: Elaborado pelo autor

- b) Questão 2: Descrever a temperatura usual nesse local. Verifica-se que a maioria acha que o local ou é muito quente ou oscila entre o quente e o frio, não atingindo o conforto térmico na faixa entre 21º e 24º de Temperatura efetiva (T_{ef}). Os resultados estão demonstrados no gráfico da figura 34.

Analisando os resultados das demais questões percebe-se que a maioria se sente ou fica frequentemente incomodado com as correntes de ar no local, ou seja, da falta dela. Os tipos de cheiros apresentados variaram entre fumaça de cigarro, mofo, cheiro de óleo, de queimado, do ar condicionado, de solvente e de odores

corporais. A proximidade com a cozinha pode justificar os cheiros de óleo e de queimado. Em relação ao mofo, fumaça de cigarro e odores corporais, estes podem ser atribuídos à falta de ventilação. Quanto ao cheiro de solvente alegado, cabe uma investigação mais detalhada para indicar sua fonte ou se tratar de uma “falsa impressão”. Das 06 pessoas que relataram histórico de alergias, a maioria declarou que é do tipo “respiratória”. Outros sintomas associados com o ar ambiente foram à dor de cabeça, “secura” e coceira nos olhos, visão embaçada, nariz entupido, garganta seca e espirros. O horário em que foi relatada a maior dificuldade foi no período vespertino, quando já se permaneceu algum tempo naqueles ambientes. A maioria relatou que as queixas são iguais durante toda a semana, afastando a hipótese de situações pontuais como a limpeza mais profunda do piso ou eventual detetização, realizadas nos finais de semana. Os entrevistados apontaram o inverno como a época em que as queixas pioram, possivelmente relacionadas a gripes e outras doenças do trato respiratório.

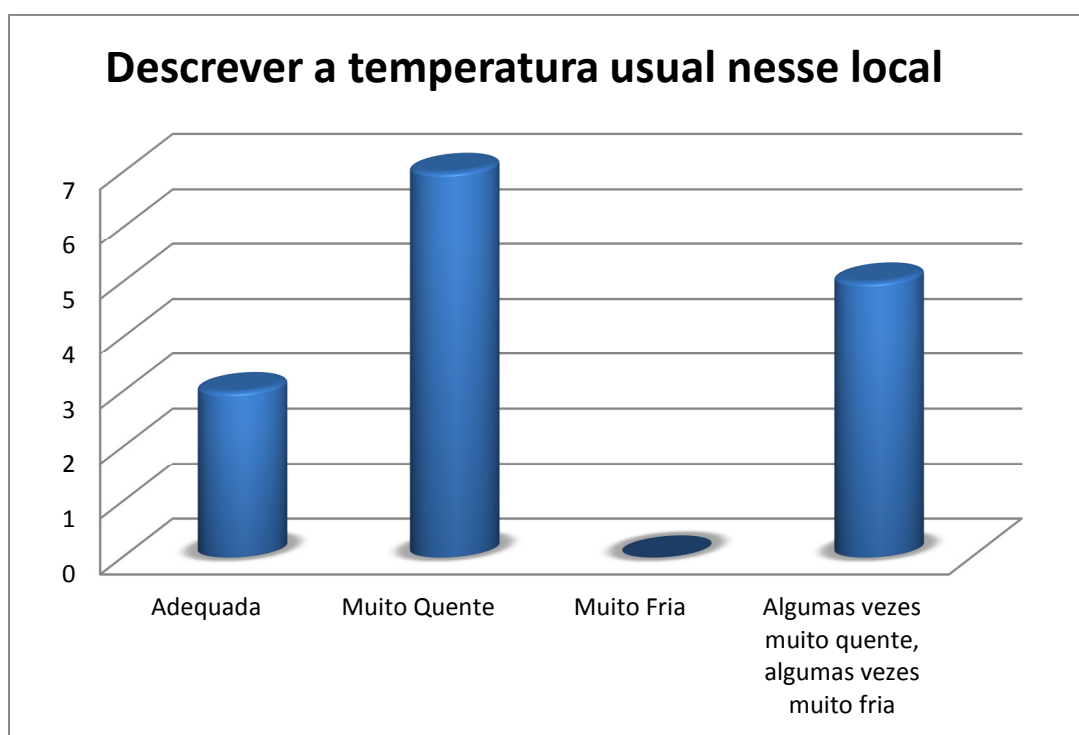


Figura 34 - Gráfico sobre os resultados da questão 2
Fonte: elaborado pelo autor

4.2.2.2 Recomendações

Nas unidades avaliadas os dados do questionário confirmam o que foi constatado através de inspeção visual, ou seja, os ambientes necessitam de revisão

do *layout* considerando aspectos que favoreçam a quantidade de trocas gasosas por pessoa, segundo as resoluções da ANVISA e normas da ABNT. Os depoimentos e entrevistas com os trabalhadores apontam uma insatisfação geral em relação ao ar presente nesses ambientes. O SESMT da instituição pode, através do serviço de medicina do trabalho, fazer uma correlação de absenteísmo com queixas e doenças respiratórias para justificar a necessidade de mudança do ambiente. O PPRA da instituição deve ser revisto para prever medições de gases mais comuns, como o CO₂, que pode atingir níveis incômodos antes ultrapassar o Limite de Tolerância. Ressalte-se que condicionadores de ar devem ter seus filtros e componentes limpos e substituídos periodicamente, o que, por consequência, reduz também o ruído ambiente.

5 CONCLUSÕES

Este trabalho se propôs a avaliar os sistemas de ventilação de uma empresa pública, desde aspectos de projeto até a sua operação, analisando se estes garantiam a manutenção do conforto térmico e retirada dos poluentes, e se as intensidades ou concentrações dos agentes ambientais relacionados estavam dentro das recomendações ditadas pelas normas técnico-legais.

Após a definição dos ambientes mais relevantes ocupacionalmente, foram selecionados os instrumentos necessários ao desenvolvimento do estudo. As análises preliminares apontaram a necessidade de avaliações quantitativas para o calor. Estas, por sua vez, comprovaram que o agente físico estava abaixo do Limite de Tolerância, dispensando, portanto, medidas adicionais de controle. As taxas de ventilação se mostraram antagônicas: enquanto aquela promovida por janelas, portas e caixilhos esteve dentro dos parâmetros prescritos, a que deveria ser fornecida por meios mecânicos e atuar diretamente nas fontes dos poluentes, não cumpre sua função na cozinha e não está instalada plenamente na marcenaria. Nos dois ambientes, chamou atenção à ausência de projeto e a falha de manutenção preventiva com as instalações. Nas unidades em que se executam atividades de escritório, constatou-se que a reclamação dos trabalhadores quanto à insuficiência da ventilação é pertinente, podendo estar associada às queixas de doenças respiratórias. Foram indicadas as medidas para melhorias desses ambientes, de forma a manter constante o fornecimento de ar para os seus ocupantes.

Portanto, não obstante as limitações pela não avaliação de gases, esta monografia considera ter atingido os objetivos propostos e espera que as conclusões e recomendações obtidas sirvam de subsídio na implantação de ambientes mais seguros e saudáveis para os trabalhadores da instituição.

REFERÊNCIAS

- ABNT. **NBR 6401**. Rio de Janeiro: ABNT. 1980.
- _____. **NBR 12543**. Rio de Janeiro: ABNT. 1999. p. 41 p.
- _____. **NBR 16401-3**. Rio de Janeiro: ABNT. 2008.
- _____. **Norma Brasileira NBR 16401-1**. Rio de Janeiro: ABNT. 2008.
- ACGIH. **Industrial Ventilation - A Manual of Recommended Practice for Design**. 27th Edition. ed. Cincinnati: Signature Publications, 2010. 6 a 24 p.
- _____. **Limites de Exposição Ocupacional (TLVs®) para Substâncias Químicas e Agentes Físicos & Índices Biológicos de Exposição (BEIs®)**. Tradução de Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais - ABHO. Cincinnati: ABHO, 2011. 235 A 248 p.
- AIRDRAW, E. E. E. Ventiladores Axiais, 2014. Disponível em: <<http://airdraw.com.br/exautoresaxiais.html>>. Acesso em: 15 fev. 2014.
- AIRLUX. Arconvex Sistema de Exaustão, 2014. Disponível em: <<http://airlux.ind.br/site/galeria>>. Acesso em: 17 fev. 2014.
- ANVISA. Resolução - RE nº 9, de 16 de janeiro de 2003. **Portal ANVISA**, 2003. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/d094d3004e5f8dee981ddcd762e8a5ec/Resolucao_RE_n_09.pdf?MOD=AJPERES>. Acesso em: 10 fev. 2014.
- BIOLOGIA. Amanda e Gabriela - Biologia / IFES. **wordpress.com**, 2011. Disponível em: <<http://amandaraphaelbioifes.wordpress.com/2011/02/25/sistema-respiratorio/>>. Acesso em: 10 Julho 2014.
- BRASIL, M. D. S. D. **Doenças Relacionadas ao Trabalho - Manual de Procedimentos para os Serviços de Saúde**. Brasília: [sn], 2001.
- COSTA, E. C. D. **Ventilação**. São Paulo: Edgard Blücher, 2005. 2-11 p.
- EGEST, T. -. **Plano Estratégico 2013/2016**. Brasília. 2013.
- ELEFANT. Ábaco de Temperatura Efetiva, 2014. Disponível em: <<http://www.elefant.com.br/pdf/abaco.pdf>>. Acesso em: 18 fev. 2014.
- EXAUSFIBRA. Filtros de cabine de pintura seca, 2014. Disponível em: <<http://catalogo.exausfibra.com.br/viewitems/cabine-de-pintura/filtros-cabine-de-pintura-seca?>>. Acesso em: 02 16 2014.

EXAUSTFARMA. Exaustão de Gases, 2014. Disponível em: <<http://www.exaustfarma.com.br/aplicacoes/exaustao-de-gases>>. Acesso em: 17 fev. 2014.

FLORA, A. Noções de Ventilação Industrial - Ventilação Local Exaustora. **GEOCITES.WS**, 2014. Disponível em: <http://www.geocities.ws/Athens/Troy/8084/Vent_exa.html>. Acesso em: 10 fev. 2014.

FUNDACENTRO, F. J. D. F. D. S. E. M. D. T. **Norma de Higiene Ocupacional 06 - Procedimento Técnico, Avaliação da Exposição ao Calor**. São Paulo: FUNDACENTRO, 2002.

_____, F. J. D. F. D. S. E. S. N. T. **Programa de Proteção Respiratória - Recomendações, Seleção e Uso de Respiradores**. São Paulo: Fundacentro, 2007.

HEC. Funcionamento do Lavador Venturi, 2014. Disponível em: <<http://www.hydrionics.com.br/funcionamento-lavador-venturi.html>>. Acesso em: 21 fev. 2014.

INSTITUIÇÃO, D. I. D. **Regimento Interno**. Brasília. 2013.

INSTITUIÇÃO, D. I. D. Portal Institucional, 2014. Disponível em: <<http://www.terracap.df.gov.br/portal/institucional/a-terracap>>. Acesso em: 10 mar. 2014.

INTERNOS, D. Portal Institucional, 2014. Disponível em: <<http://www.terracap.df.gov.br/portal/institucional/a-terracap>>. Acesso em: 10 mar. 2014.

LABORATÓRIO, S. D. Capela para exaustão de gases (UN-640), 2014. Disponível em:

<https://www.shoppingdolaboratorio.com.br/produto.php?cod_produto=1488956>.

Acesso em: 2014 fev. 10.

MACINTYRE, A. J. VENTILAÇÃO INDUSTRIAL e Controle da Poluição. Rio de Janeiro: LTC, 1990. p. 5 a 6.

MS, M. D. S. D. B.; OPAS, O. P.-A. D. S. **Doenças Relacionadas ao Trabalho - Manual de Procedimentos para os Serviços de Saúde**. Brasília: [sn], 2001.

MTE, M. D. T. E. E. Norma Regulamentadora (NR) 15 - Atividades e Operações Insalubres, Anexo 03. **Portal do MTE**, 1978. Disponível em: <<http://portal.mte.gov.br/legislacao/norma-regulamentadora-n-15-1.htm>>. Acesso em: 19 fev. 2014.

_____, M. D. T. E. E. Norma Regulamentadora 09 - Programa de Prevenção de Riscos Ambientais. **Portal do MTE - legislação - Normas Regulamentadoras**, 1994. Disponível em:

<http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812BE914E6012BEF1CA0393B27/nr_09_at.pdf>. Acesso em: 07 fev. 2014.

Relatório 001/2012 - NUBEN. Arquivos internos da instituição. Brasília. 2012.

ROQUE, B. A.; CERCHI, F.; OLIVEIRA, G. A. Projeto de um sistema de Ventilação Geral Diluidora, Uberlândia, 2011.

RUAS, A. C. **Conforto Térmico nos Ambientes de Trabalho**. São Paulo: Fundacentro, 1999.

_____, A. C. **Avaliação de Conforto Térmico**. São Paulo: Fundacentro, 2001.

SESI, S. S. D. I. Técnicas de Avaliação de Agentes Ambientais. In: _____ **Capítulo VIII - Avaliação da Exposição Ocupacional a Agentes Químicos**. Brasília: [sn], 2007. p. 183 a 261.

SSST, M. D. T. E. E.-S. D. S. E. S. N. T.-. **PORTARIA N.º 25, DE 29 DE DEZEMBRO DE 1994**. Brasília: [sn], 1994.

TECHNOLOGIES, B. **CRIFFER - GasAlert Microclip XT - Manual do Operador**, 2010. Disponível em: <<http://www.criffer.com.br/uploads/GasAlert-MicroClip.pdf>>. Acesso em: 11 jan. 2014.

TORLONI, M.; VIEIRA, A. V. **Manual de Proteção Respiratória**. São Paulo: Vida e Consciência, 2003. 02-60 p.

UFSC. Operações Unitárias de Transferência de Quantidade de Movimento. **Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos**, 2014.

Disponível em: <http://www.enq.ufsc.br/disci/eqa5313/Separacao%20Sol_Liq%20%20de%20Gases.htm>. Acesso em: 02 18 2014.

USP. Curso de Engenharia de Segurança do Trabalho. In: _____ **Higiene do Trabalho parte C, Capítulo 16 - Ventilação Local Exaustora - Dutos**. São Paulo: [sn], 2012a. p. 2010 a 220.

_____. Curso de Engenharia de Segurança do Trabalho. São Paulo: [sn]], 2012b. p. 170 a 186.

_____. Curso de Engenharia de Segurança do Trabalho - Higiene do Trabalho parte B. In: PAULO, U. D. S. **Avaliação da Exposição ao Calor**. São Paulo: [sn], 2012c. Cap. 8, p. 241 a 282.

_____. Curso de Engenharia de Segurança do Trabalho - Higiene do Trabalho parte B - Avaliação e Controle do Calor. São Paulo: [sn], 2012d.

_____. Curso de Engenharia de Segurança do Trabalho - Higiene do Trabalho parte C. In: UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO **Capítulo 13 - Taxas de Ventilação**. São Paulo: [sn], 2012e. p. 153 a 169.

_____. Higiene do Trabalho - Parte C. In: PAULO, U. D. S. **Capítulo 19 - Avaliação dos Sistemas de Ventilação**. São Paulo: [sn], 2012f. p. 256 a 268.

VERITAS, B. **OHSAS 18001**: 2007. São Paulo: [sn]. 2007.

Anexo 1 - QUESTIONÁRIO CONSTANTE DA NORMA BRASILEIRA NBR 16401-3: 2008 DA ABNT (MODELO A.2)

ABNT NBR 16401-3:2008

A.2 Questionário

Nº _____

Descreva o local do prédio onde você passa a maior parte do tempo?

Localização: _____

Marque com um X nos quadros abaixo

1. Como você descreveria a qualidade do ar nesse local?

☐adequado ☐parado ☐pesado ☐abafado(viciado)

2. Descrever a temperatura usual nesse local:

☐adequada ☐muito quente ☐muito fria ☐algumas vezes muito quente, algumas vezes muito fria

3. Você fica frequentemente incomodado(a) nesse local com correntes de ar?

☐sim ☐não

4. Você se sente incomodado(a) com o cheiro/odor desse local? ☐sim ☐não

Se SIM, qual a frequência que você sente esse cheiro?

☐raramente ☐ocasionalmente ☐frequentemente ☐todo o tempo

Qual dos tipos abaixo descreve esse(s) cheiro(s)?

☐fumaça de carros ☐cigarro ☐cheiro de queimado ☐cheiro de sistemas aquecidos (ar-condicionado)

☐tinta ☐mofo ☐produtos químicos ☐odores humanos (corporais)

☐algum solvente ☐cimento ☐cheiro de óleo ☐esgoto

Que você acha que causa este cheiro? _____

5. O tabagismo é permitido nesse local? ☐sim ☐não Você fuma? ☐sim ☐não

6. Você tem história de alergias? ☐sim ☐não

Se SIM, o tipo de alergia é: ☐respiratória ☐pele ☐alimentos ☐ocular ☐outra

7. Qual dos seguintes itens abaixo que você sofre e que você acha que pode estar relacionado a esse local?

☐dor de cabeça ☐cansaço ☐fraqueza ☐dificuldade para respirar ☐náusea

☐secura nos olhos ☐espirros ☐lacrimejando ☐problemas no estômago ☐tontura

☐visão embaçada ☐nariz entupido ☐coriza ☐dor de garganta ☐asma

☐garganta seca ☐coceira nos olhos ☐tosse ☐irritação na pele ☐outro

8. A que horas do dia você acredita que suas queixas pioram?

☐manhã ☐tarde ☐é o mesmo durante todo o dia

Em que dia da semana suas queixas são piores?

☐segunda-feira ☐meio da semana ☐sexta-feira ☐fim-de-semana ☐igual durante toda semana

Em que estação do ano suas queixas pioram?

☐primavera ☐verão ☐outono ☐inverno ☐o mesmo durante todo ano

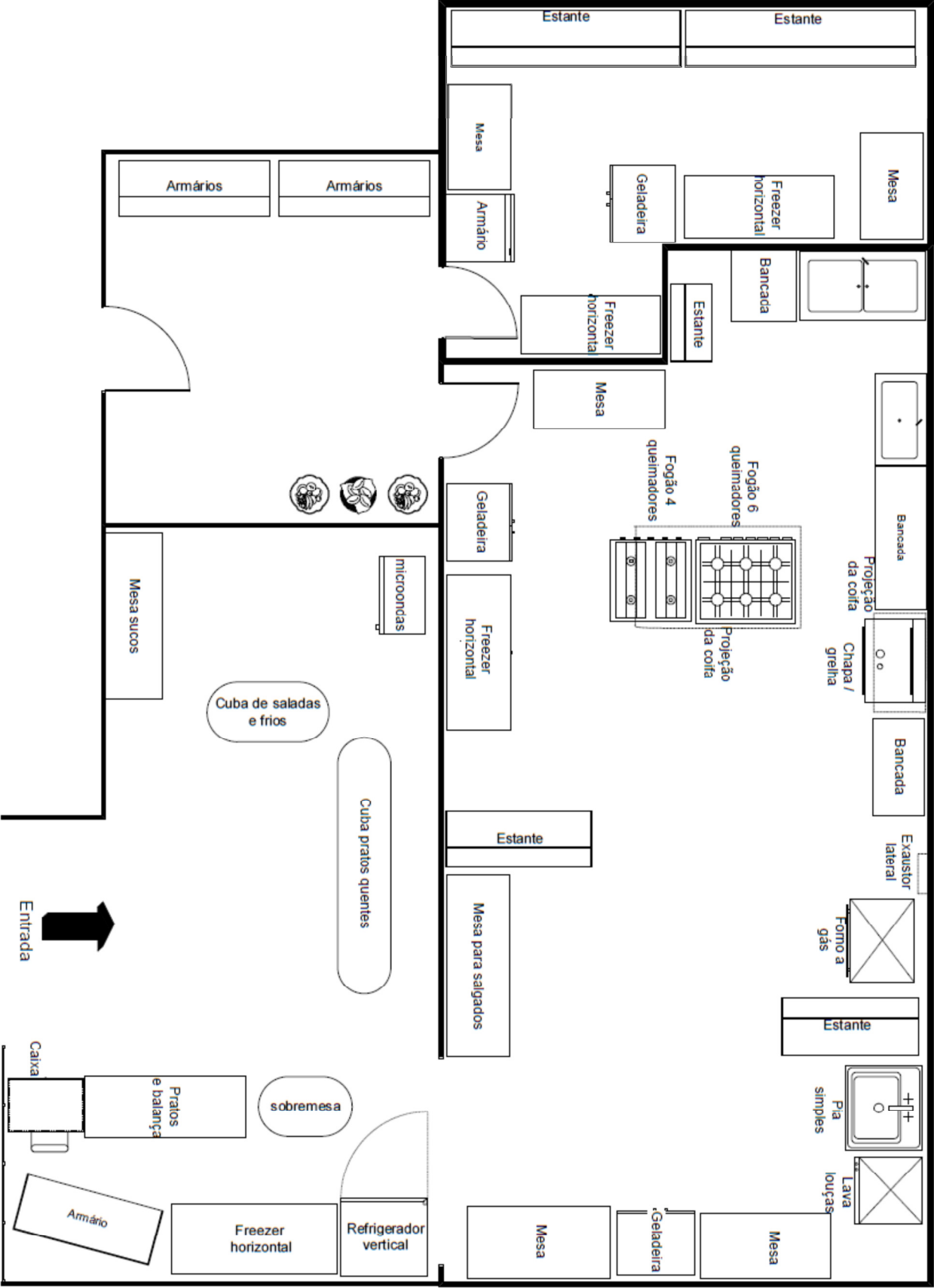
Os sintomas que você sente coincidem com a hora de limpeza ou manutenção dessa área?

☐sim ☐não

Se SIM, descreva essa atividade: _____

Comentários: _____

Anexo 2 - CROQUI DOS EQUIPAMENTOS INSTALADOS NA COZINHA



Anexo 3 - LAUDO DE MEDIÇÃO DE MONÓXIDO DE CARBONO (CO), DO PROGRAMA DE PREVENÇÃO DE RISCOS AMBIENTAIS – PPRA



LAUDO TÉCNICO DE CONDIÇÕES AMBIENTAIS DE TRABALHO

ANEXO 2 – LAUDO DE MEDIÇÃO DE MONÓXIDO DE CARBONO (CO), DO PROGRAMA DE PREVENÇÃO DE RISCOS AMBIENTAIS - PPRA

4. AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DO MONÓXIDO DE CARBONO E AMÔNIA:

4.1 METODOLOGIA:

Foi adotado o método por medição direta de vapores por tubos colorimétricos com reagentes sólidos para monóxido de carbono (CO), acoplados em bomba do tipo “fole”, marca Dräger. O método consiste em se passar uma quantidade conhecida de ar (10 cm^3), através do tubo colorimétrico contendo o reagente sólido, que no caso específico, produzirá uma alteração de cor proporcional à quantidade de monóxido de carbono no ar atmosférico.

A concentração do contaminante é então determinada pela comparação da intensidade da coloração obtida com a escala padronizada gravada no próprio tubo. Foi considerada a escala de 2 a 60 ppm (parte por milhão) e um total de 10 sucções de ar para cada tubo colorimétrico.

Após a determinação da concentração aparente pela escala gravada no tubo, é feito o cálculo da concentração verdadeira, corrigindo-se a pressão atmosférica da seguinte forma: divide-se 1013 hPa pela pressão atmosférica de Brasília (740 hPa) e multiplica-se o resultado obtido pelo valor da concentração aparente, obtendo-se assim, a concentração verdadeira.

- Limite de tolerância para monóxido de carbono – 39 ppm (parte por milhão) para exposição ocupacional de até 48 horas / semana.
- Limite de tolerância para amônia – 20 ppm (parte por milhão) para exposição ocupacional de até 48 horas / semana.

4.2 RESULTADOS:

❖ AVALIAÇÃO DO MONÓXIDO DE CARBONO:

Local da avaliação	Dia / Horário	Valor encontrado
Subsolo / NUBEM (Balcão de Atendimento do Serviço Médico)	18 / 06 / 2008 – 08h 50min	Inferior a 2 ppm ⁽¹⁾
	18 / 06 / 2008 – 09h 10min	Inferior a 2 ppm ⁽¹⁾
	18 / 06 / 2008 – 09h 30min	Inferior a 2 ppm ⁽¹⁾

	18 / 06 / 2008 – 09h 50mim	Inferior a 2 ppm ⁽¹⁾
	18 / 06 / 2008 – 10h 10mim	Inferior a 2 ppm ⁽¹⁾
	18 / 06 / 2008 – 10h 30mim	Inferior a 2 ppm ⁽¹⁾
Subsolo / Garagem	18 / 06 / 2008 – 10h 50mim	Inferior a 5 ppm ⁽¹⁾
	18 / 06 / 2008 – 11h 10mim	Inferior a 5 ppm ⁽¹⁾
	18 / 06 / 2008 – 11h 30mim	Inferior a 2 ppm ⁽¹⁾
	18 / 06 / 2008 – 11h 50mim	Inferior a 2 ppm ⁽¹⁾

(1) – ppm – Partes do gás por milhão de partes de ar contaminado.

- Conclusão: Concentração de monóxido de carbono (CO) em valores inferiores ao limite de tolerância.

❖ AVALIAÇÃO DA AMÔNIA:

Local da avaliação	Dia / Horário	Valor encontrado
Sala dos Serviços de REPROGRAFIA	29 / 07 / 2008 – 14h	Inferior a 2 ppm ⁽¹⁾
	29 / 07 / 2008 – 14h 20mim	Inferior a 2 ppm ⁽¹⁾
	29 / 07 / 2008 – 14h 40mim	Inferior a 2 ppm ⁽¹⁾
	29 / 07 / 2008 – 15h	Inferior a 2 ppm ⁽¹⁾
	29 / 07 / 2008 – 14h 20mim	Inferior a 2 ppm ⁽¹⁾
	29 / 07 / 2008 – 15h 40mim	Inferior a 2 ppm ⁽¹⁾
	29 / 07 / 2008 – 16h	Inferior a 5 ppm ⁽¹⁾
	29 / 07 / 2008 – 16h 20mim	Inferior a 5 ppm ⁽¹⁾

Anexo 4 - CERTIFICADOS DE CALIBRAÇÃO DOS APARELHOS UTILIZADOS



CHROMPACK
Instrumentos Científicos Ltda.

Desde 1988





Calibração
NBR 10013:2012
CAL 0286

RBC - Rede Brasileira de Calibração

Certificado de Calibração

Certificado N° : 49.616

Condição of Calibration
Página 1 de 2

Laboratório de Vazão

Dados do Cliente:

Nome: Companhia Imobiliária de Brasília Terrapop
Endereço: Rua Bloco P Rayhan Sida
Cidade: Brasília
Estado: DF
CEP: 70629-060

Dados do Instrumento Calibrado:

Nome: Azeimetro
Marca: apl 2710M
Modelo: DP1 S29
N° de Série: Q345329
N° do Padrão: B96 019
Faixa Calibrada: 0,15 a 5,9 m/s
Unidade de medição: m/s
N° do Processo: 26218
Data da Calibração: 23/04/2012

Revolução: 0,1
Tipo de Sensor: Pás

Procedimento Utilizado:

O procedimento operacional de calibração PRO - ANE- 3099 Rev. 01

Padrão Utilizado:

Transdutor de pressão certificado pela RBC - Rede Brasileira de Calibração sob o n° CAL-07233/12 em 09/05/2012.
Manômetro certificado pela RBC - Rede Brasileira de Calibração sob o n° RBC2-199798 em 10/11/2011.
Manômetro Digital certificado pela RBC - Rede Brasileira de Calibração sob o n° PS-10-064/12 em 15/10/2012.
Termohigrometro certificado pela RBC - Rede Brasileira de Calibração sob o n° TP-10238/12 em 19/10/2012.

Condições Ambientais:

Temperatura: 22 °C

Umidade Relativa: 72 %UR

Pressão Atmosférica: 935mmHg

Este documento é propriedade exclusiva da CHROMPACK Instrumentos Científicos Ltda. e não pode ser reproduzido ou utilizado sem a autorização expressa da empresa. A responsabilidade pela validade e integridade das informações aqui contidas é da CHROMPACK. A utilização deste documento para fins não autorizados constitui violação das leis de propriedade intelectual e pode acarretar sanções legais. A CHROMPACK não se responsabiliza por danos ou prejuízos decorrentes do uso indevido deste documento.

Av. Eng. Saraya de Oliveira, 405 - 05741-290 - Jd. Itaipava - São Paulo - SP - Brasil
Fone: 0811 3394-8320 - www.chrompack.net



Autenticidade Original
N° 003784



Desde 1996



Certificado de Calibração

Cartão de Calibração

Certificado Nº : 49.646

Página 2 de 2

Resultados Obtidos:

Os resultados foram obtidos pelo método comparativo das leituras do memorando em relação ao padrão de testes feitos por intermédio de um fio de ouro para determinação do fluxo de ar, um transdutor de pressão e um milímetro para leitura dos sinais, exceto-se dez pontos.

Dados Obtidos:

Pressão de Referência (m/s)	Dados da Calibração			
	Valor Indicado (m/s)	Variação (m/s)	U _{95,45%}	K
0,75	0,51	0,22	0,97	2,01
1,50	0,93	0,57	0,97	2,01
1,50	1,37	0,07	0,10	1,97
2,00	2,19	-0,10	0,07	2,60
2,50	2,99	0,19	0,97	2,80
3,00	3,20	-0,20	0,97	2,80
3,50	3,63	-0,15	0,08	2,61
4,00	4,13	-0,13	0,09	2,60
4,50	4,64	0,11	0,95	2,00
5,00	5,16	0,16	0,16	2,01

Legenda:

K - fator de abrangência

195,45 - Incerteza da medição expandida para uma probabilidade de abrangência de 95,45%

m/s - Metros por segundos

Observações:

83 - Certificado assinado eletronicamente.

Calibrado por:	Responsável Técnico pela calibração:
 Tit. Jonhy Luis da Silva Moura	 Eng. Alexandre Vitor da Silva CREA nº 2062814732 Signatário autorizado pelo INMETRO

Av. Eng. Simeão da Silva, 400 - CEP 041 200 - Jd. Iguape - São Paulo - SP - Brasil

Fone: 55 11 5564-2520 - email@chrompack.com.br

CNPJ: 06.918.115/0001-00 - INSC. EST. SP: 06.918.115-00-0001 - CAGEOT: 06.918.115-00-0001-0001

CHROMPACK
Instrumentos Científicos Ltda.

Desde 1996



Certificado de Calibração

Certificate of Calibration

Certificado N° : 56.907

Página 1 de 2

Dados do Cliente:

Nome: ProLine Instrumentos de Medição Ltda
Endereço: R. Francisco Polito, 48
Cidade: São Paulo
Estado: SP
CEP: 03137-010

Dados do Instrumento Calibrado:

Nome: Monitor de Heat Strees
Marca: QUEST Technologies
Modelo: QUESTEMP™10
N° de Série: JX6010013
Diâmetro do globo: "6
N° de Processo: 22094
N° de Identificação: Não consta
Data da Calibração: 17/01/2014

Procedimento Utilizado:

O procedimento operacional de calibração PRO – MHS 1700 - Rev. 00

Padrão Utilizado:

Nome	N° Certificado	Certificador	Data de Expiração
Termômetro Digital	LV30682-13-R0	RBC	07 / 08 / 2014
Termo higrômetro Digital (Ambiente)	TP-05-200/13	RBC	14 / 05 / 2014
Barômetro Digital	PS-05-036/13	RBC	12 / 10 / 2014

Condições Ambientais:

Temperatura:
24,0 °C

Umidade Relativa:
53,5 %

Pressão Atmosférica:
924 mbar

O certificado de calibração poderá ser reproduzido desde que seja legível, na forma integral e sem nenhuma alteração. Os resultados apresentados neste certificado aplicam-se somente ao item calibrado e não se estendem aos instrumentos de mesma marca, modelo ou lote de fabricação. A incerteza expandida da medição declarada (U95, 45) foi estimada para um nível de confiança de 95,45 %. Este cálculo da incerteza é baseado no fator de abrangência (k) obtido através dos graus de liberdade efetivo (v_eff) e tabela t-student.

The certificate of calibration can be reproduced since be legible, in integral form and without changes. The results presented in this certificate are applied just to item calibrated and not extend to instruments of same brand, model or manufactured lot. The reported expanded uncertainty of measurement (U95, 45) was estimated for a confidence level of 95,45%. This uncertainty calculation is based on the coverage factor (k) obtained through the effective degrees of freedom (v_eff) and student table.

Av. Eng° Saraiva de Oliveira, 465 - 05741-200 - Jd. Taboão - São Paulo - SP - Brasil

Fone: 55 11 3384-9320 - www.chrompack.net



CHROMPACK
Instrumentos Científicos Ltda.

Desde 1996



Certificado de Calibração

Certificate of Calibration

Certificado N° : 56.907

Página 2 de 2

Resultados Obtidos:

IBUTG: Os resultados das medições foram obtidos segundo a NBR 14610 através da imersão dos sensores do instrumento em meio térmico para a obtenção dos valores de temperatura e a validação da sua respectiva resposta para o cálculo do Índice de Bulbo Úmido e Termômetro de Globo (IBUTG) é realizada segundo a NR-15.


Dados Obtidos:

Bulbo Seco	Correção	Bulbo Úmido	Correção	Globo	Correção
21,10	-1,04	20,70	-0,64	21,50	-1,44
23,63	1,72	24,00	1,35	23,60	1,75
29,40	1,08	29,40	1,08	29,40	1,08
35,10	0,80	35,00	0,90	35,10	0,80
40,80	0,67	40,80	0,67	40,80	0,67
45,90	2,57	45,20	2,37	45,10	2,47
50,40	2,76	50,60	2,56	50,40	2,76

IBUTG Interno	Correção	IBUTG Externo	Correção
20,90	-0,84	20,70	-0,64
23,93	1,42	24,00	1,35
29,50	0,98	29,40	1,08
35,10	0,80	35,10	0,80
40,80	0,67	40,80	0,67
45,30	2,27	45,30	2,27
50,60	2,56	50,60	2,56

Observações:

- ✓ Estes dados obtidos através da calibração referem-se somente ao objeto descrito e não se estende a outros instrumentos mesmo que seja de mesmo lote de fabricação, marca ou modelo;
- ✓ Não é autorizada a reprodução parcial deste documento sem prévia autorização da CHROMPACK;
- ✓ As evidências das rastreabilidades estão disponíveis na CHROMPACK para consulta;
- ✓ As incertezas estimadas das medidas são para um nível de confiança de 95,45 %. Este cálculo da incerteza é baseado em fator de abrangência $k=2,0$ obtido através do cálculo dos graus de liberdade efetivo (ν_{eff}) e tabela t-student;
- ✓ Incerteza de medição: $\pm 0,2^\circ\text{C}$ para temperatura;
- ✓ As correções entre os pontos calibrados podem ser interpoladas;
- ✓ Certificado assinado eletronicamente.

Calibrado por:	Responsável Técnico pela calibração:
 Téc. Jonhny Luis da Silva Nobre	 Eng. Alexandre Mascina da Silva CREA nº 5062014792