



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ

CAMPUS TERESINA CENTRAL

CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

IVAN DE SOUSA SOARES

**DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE VENTILAÇÃO PARA UMA COZINHA
INDUSTRIAL**

TERESINA/PI

2020

IVAN DE SOUSA SOARES

DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE VENTILAÇÃO PARA UMA COZINHA
INDUSTRIAL

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia) apresentado como exigência parcial para obtenção do diploma do curso de Bacharelado em Engenharia Mecânica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí. Campus Teresina Central.

Orientador: Professor Msc. Francisco José Patrício Franco

TERESINA/PI

2020

Aos meus pais e meus irmãos.

AGRADECIMENTOS

Meus sinceros agradecimentos a todas as pessoas e instituições que, de forma direta e indireta, contribuíram para a execução deste trabalho. Em especial agradeço:

À Deus, por ter proporcionado minha existência, pela ajuda e proteção, pela Sua força e presença constante, e por me guiar à conclusão de mais uma preciosa etapa de minha vida.

À meus pais João e Ozimarina pelo apoio incessante em todos os momentos da minha vida, em especial na minha formação como ser humano, o que resultou na realização deste sonho.

Ao meu orientador, professor Msc. Francisco José Patrício Franco, pelo incentivo na elaboração deste trabalho.

Aos meus irmãos, Davi e Daniela pelo apoio e paciência nessa jornada.

Ao IFPI pelo importante incremento à minha formação não apenas acadêmica, mas também pela formação crítica e sábia, ambas tão importantes para a vida.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Soares, Ivan de Sousa

S676d Dimensionamento de um sistema de ventilação para uma cozinha industrial
/ Ivan de Sousa Soares. - 2020.
73 f.: il. color.

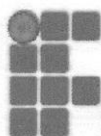
Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica)
- Instituto Federal do Piauí, Campus Teresina Central, 2020.

Orientador: Prof. Me. Francisco José Patrício Franco.

1. Cozinha industrial. 2. Exaustão. 3. Ventilação. I. Título.

CDD - 620

Elaborado por Sindya Santos Melo CRB 3/1085



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PIAUI
Campus Teresina-Central

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS TERESINA-CENTRAL
DIRETORIA DE ENSINO
DEPARTAMENTO DE INDÚSTRIA, SEGURANÇA E PRODUÇÃO CULTURAL

FOLHA DE APROVAÇÃO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ALUNO: IVAN DE SOUSA SOARES

MATRÍCULA Nº: 20091EME0402

DATA: 20 de outubro de 2020

Este trabalho foi julgado adequado e aprovado para a obtenção do título de graduação em Engenharia Mecânica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí:

Prof. Me. ~~Francisco José~~ **Patrício Franco**
Coordenador do Curso de Engenharia Mecânica

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Me. ~~Francisco José~~ **Patrício Franco**
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí
Orientador

Prof. Me. **Anderson Felipe Chaves Fortes**
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí
Avaliador

Prof. Me. **Antônio Ítalo Rodrigues Pedrosa**
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí
Avaliador

Teresina, 20 de outubro de 2020.

"A maioria das pessoas está tão absorta na contemplação do mundo exterior que está totalmente alheia ao que está acontecendo em si".

(Nikola Tesla)

RESUMO

As cozinhas industriais são ambientes para preparação de refeições e este processo de cozimento produz grandes quantidades de calor, vapor de água, odores e substâncias que devem ser retiradas deste ambiente por um sistema de ventilação local exaustora. Este trabalho teve o objetivo de realizar uma análise da cozinha industrial do Hospital do Parque Piauí, onde foi possível observar todos os componentes de um sistema real de ventilação e com isso definir soluções para os problemas de excesso de calor dentro da cozinha. Vários aspectos da engenharia mecânica foram levados em consideração, com uma ênfase nas áreas de fluidos e térmica. Foi necessária a execução do redimensionamento da estrutura de ventilação, pois esta apresentava subdimensionamento dos seus sistemas de exaustão e insuflamento. Para isso, foi fundamental a coleta de várias informações, como as dimensões dos equipamentos geradores de calor e do espaço interno da cozinha. Os equipamentos geradores de calor do ambiente pesquisado foram dois fogões de 6 e 8 bocas e um forno industrial sob as áreas de pré preparo e higienização da cozinha. Com base na norma, NBR 14518 (ABNT, 2000) e toda a bibliografia pesquisada, foi possível calcular os dados de vazões, velocidades e perdas de carga para realizar o dimensionamento de coifas, dutos, ventiladores e acessórios imprescindíveis para a movimentação e segurança do sistema de ventilação. Foram dimensionados três sistemas de exaustão e dois de insuflamento, com seções retangulares em toda sua extensão e captos de lavagem automática de gordura sob cada equipamento gerador de calor. Ventiladores Limit Load com pás curvadas para trás foram escolhidos para os sistemas de exaustão e do tipo Sirocco com pás curvadas para frente para os sistemas de insuflamento. Este dimensionamento possibilitou uma pressão negativa no ambiente, capaz de remover poluentes oriundos dos equipamentos de cocção, tornando a cozinha um lugar agradável e salubre para os trabalhadores.

Palavras-chave: Cozinha industrial, Exaustão, Ventilação.

ABSTRACT

Industrial kitchens are environments for preparing meals and this cooking process produces large amounts of heat, steam, odors and substances that must be removed from this environment by a local exhaust ventilation system. This work had the objective to make an analysis of the Parque Piauí Hospital industrial kitchen, where it was possible to observe all the components of a real ventilation system and define solutions for problems like overheat inside the kitchen. Several aspects of mechanical engineering have been considered, with emphasis on fluids and thermal field. It was necessary to resizing the ventilation structure, because it presented an under dimensioning of your exhaustion and insufflation systems. For this, was fundamental to collect a lot information, such the dimensions of the heat generating equipment and the kitchen internal space. The heat generating equipment of the surveyed environment were two 6 and 8 burner stoves and an industrial oven under the areas of pre-preparation and cleaning of the kitchen. Based on the standard, NBR 14518 (ABNT, 2000) and all the researched bibliography, it was possible to calculate the data of flows, speeds and pressure losses to perform the design of hoods, ducts, fans and accessories essential for the movement and safety of the ventilation system. Three exhaust systems and two inflation systems were designed, with rectangular sections in its entire length and automatic fat washers under each heat generating equipment. Limit Load fans with backwards curved blades were chosen for exhaust systems and Sirocco type with forward curved blades for the insufflation systems. This dimensioning allowed negative pressure on that environment, capable of removing pollutants from cooking equipment, making the kitchen a pleasant and healthy place for the workers.

Keywords: Industrial kitchen, Exhaust, Ventilation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Tipos de ventilação	14
Figura 2- Exemplos de ventilação geral diluidora.....	16
Figura 3 - Passagens e ar fresco pelo lanternin	18
Figura 4 -Exemplo de VLE	19
Figura 5 - Coifa em perspectiva isométrica e frontal	20
Figura 6 - À esquerda má captação, à direita captação bem sucedida.....	22
Figura 7 - Modalidades construtivas dos ventiladores.....	23
Figura 8 - Formato de pás dos ventiladores.....	24
Figura 9 - Exaustor axial	25
Figura 10 - Perdas de cargas nos dutos.	26
Figura 11 - Coifa tipo central ou ilha.....	28
Figura 12 - Coifa com lados fechados.....	29
Figura 13 - Coifa para Fornos	30
Figura 14 - Área da Coifa 1	35
Figura 15 - Planta baixa da cozinha do HPP	36
Figura 16 - Exaustor axial na entrada da coifa 1	38
Figura 17 - Coifa 1 à esquerda e Coifa 2 à direita.....	39
Figura 18 - Forno elétrico industrial.....	39
Figura 19 - Disposições das coifas.....	42
Figura 20 - Damper	44
Figura 21 - Layout dos Dutos e acessórios de Exaustão	46
Figura 22 - Modelo Limit Load com pás para trás	47
Figura 23 - Layout geral de Insuflamento e Exaustão	51
Figura 24 - Perspectiva isométrica do sistema de insuflamento.....	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Equipamentos que geram calor	37
Tabela 2 - Vazões e dimensões das coifas	41
Tabela 3 - Perdas de carga localizadas na Exaustão	43
Tabela 4 - Características dos dampers no sistema de exaustão	44
Tabela 5 - Perdas de carga do sistema de Exaustão	45
Tabela 6 - Características dos ventiladores de exaustão	48
Tabela 7 - Grelhas selecionadas no projeto	49
Tabela 8 - Filtro de ar externo	49
Tabela 9 - Perdas de carga localizadas no Insuflamento	50
Tabela 10 - Perdas de carga do sistema de Exaustão	50
Tabela 11 - Características dos ventiladores de insuflamento	52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASHRAE	American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineering
EX	Sistema de Exaustão
HPP	Hospital do Parque Piauí
INS	Sistema de Insuflamento
NBR	Norma Brasileira Técnica
VLE	Ventilação Local Exaustora
VLD	Ventilação Local Diluidora

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
2.1	TIPOS DE VENTILAÇÃO	13
2.1.1	Ventilação Geral Diluidora	15
2.1.2	Ventilação Natural.....	17
2.1.3	Ventilação Local Exaustora	19
2.1.3.1	Captoreis ou coifas	20
2.1.3.2	Ventiladores e exaustores	22
2.1.3.3	Dutos	25
3	METODOLOGIA	26
3.1	DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE VENTILAÇÃO	27
3.1.1	Dimensionamento dos Captoreis	27
3.1.2	Dimensionamento dos Dutos	31
3.1.3	Perda de Carga.....	32
3.1.4	Compensação do ar exaurido pelas coifas	34
4	RESULTADOS E ANÁLISES.....	34
4.1	DESCRIÇÃO DO AMBIENTE PESQUISADO	35
4.2	AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE VENTILAÇÃO ATUAIS.....	37
4.3	REDIMENSIONAMENTO DA VLE	40
4.3.1	Sistema de Exaustão	40
4.3.1.1	Coifas	40
4.3.1.2	Dutos	42
4.3.1.3	Perdas de carga na Exaustão	43
4.3.1.4	Ventiladores na Exaustão.....	46
4.3.2	Sistema de insuflamento.....	48
4.3.2.1	Grelhas.....	48
4.3.2.2	Filtros.....	49
4.3.2.3	Perdas de carga no Insuflamento.....	49
4.3.2.4	Ventiladores no Insuflamento	51

5	CONCLUSÃO	53
	REFERÊNCIAS	54
58	APÊNDICE A - COEFICIENTE DE PERDA DE CARGA NOS ACESSÓRIOS...	
	ANEXO A – VAZÕES DAS COIFAS.....	60
	ANEXO B – CÁLCULO DE PERDAS LOCALIZADAS.....	63
	ANEXO C - CURVAS DO VENTILADORES DA OTAM PARA A VLE.....	65
	ANEXO D – DESENHOS DOS SISTEMAS DE EXAUSTÃO E INSUFLAMENTO	69

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como objetivo o redimensionamento da ventilação de uma cozinha industrial de média capacidade. Para esta elaboração é necessária uma leitura cautelosa sobre vários assuntos da engenharia, onde o projetista deve estar atento a muitos detalhes e procedimentos sobre a capacidade de geração de calor bem como a emissão de partículas geradas a partir da cocção dos alimentos.

Segundo Baptista (2011), as normas e legislações, raramente, são observadas e seguidas pelas empresas, resultando em instalações de sistema com baixa eficiência, sem plano de manutenção preventiva. Isso contribui para aumentar o risco de incêndio, degradação das condições de trabalho, tudo isso se agrava com a falta de limpeza do sistema, resultando no crescimento e proliferação de bactérias e acúmulo de gorduras.

A arquitetura e a engenharia revelam-se importantes neste trabalho, que se inicia no planejamento e ordenação das necessidades básicas e passa pela preocupação com fatores que envolvem o conforto ambiental e que, conseqüentemente, se somam ao meio ambiente produtivo. Nesse sentido, as condições do ambiente são importantes e influenciam diretamente o desempenho do trabalho que, se realizado sob temperaturas extremas, pode reduzir a produtividade dos profissionais e aumentar o risco de erros em suas atividades.

Um ambiente de trabalho com a temperatura agradável promove maior bem-estar e influencia diretamente no rendimento de quem trabalha, tanto que há empresas que registram uma produtividade até 30% maior ao assegurar o conforto térmico dos seus funcionários.

A norma orientadora, NBR 14518 (ABNT, 2000), estabelece os parâmetros gerais para o projeto, instalação, operação e manutenção de sistemas de cozinhas profissionais, na qual em seu texto enfatiza a segurança contra incêndio e controle de poluentes atmosférico.

Segundo Zompero (2014), o termo cozinha industrial é conceituado como sistema de produção de alimentação coletiva, independentemente de sua origem (industrial de refeição, hospitalar ou outros).

Deste modo, será considerado um processo industrial onde houver o recebimento de um material que será processado e distribuído. Ou seja, quando o termo cozinha industrial, referenciar-se a um processo contínuo de produção.

Com a finalidade de manter o ambiente de trabalho dentro de parâmetros seguros em termos de contaminação do ar e, por conseguinte, preservar a saúde dos trabalhadores, é indispensável que o sistema de exaustão seja projetado, construído, instalado, operado e mantido segundo os melhores preceitos de Engenharia, de modo a prevenir a liberação de agentes indesejáveis ao ambiente de trabalho, atendendo às necessidades específicas de cada processo ou operação a ser controlada (SOBRINHO, 1996; QUEIROZ, 2010).

Diante do cenário mundial atual, a ventilação é uma importante aliada para a prevenção de doenças respiratórias, pois possibilita a renovação constante do ar em cozinhas indústrias, minimizando os riscos de transmissão de doenças respiratórias através da manutenção da qualidade interna do ar e do conforto térmico em ambientes industriais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesse tópico será mostrado o embasamento teórico aplicado neste trabalho, como a exposição dos princípios físicos, conceitos e aplicações na área termodinâmica.

2.1 TIPOS DE VENTILAÇÃO

Para SILVA (2019), ventilar significa “deslocar o ar”. Esse deslocamento pode ser natural ou mecânico, retirando ou fornecendo ar para o ambiente, ocasionando uma renovação no mesmo.

Segundo CLEZAR (1999), os objetivos fundamentais da ventilação são garantir a pureza do ar, visando à segurança e ao bem estar físico dos trabalhadores, e o controle da poluição evitando que os resíduos coletados afetem o meio ambiente.

A ventilação é uma técnica bastante efetiva para o controle da poluição do ar de ambientes de trabalho. A sua adequada utilização promove a diluição ou retirada

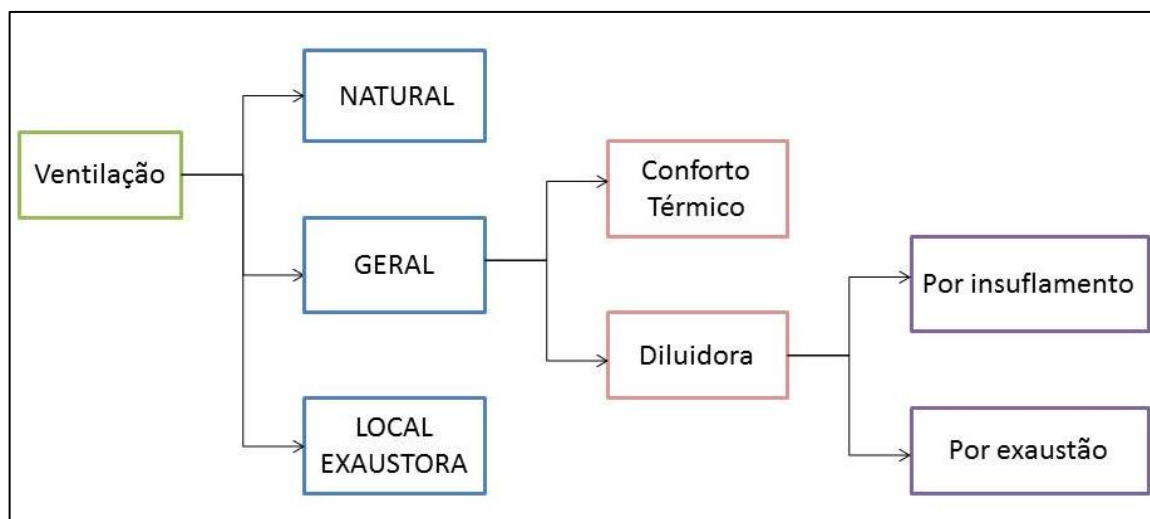
de substâncias nocivas ou incômodas presentes no ambiente de trabalho, de forma a não ultrapassar os limites estabelecidos na legislação (LISBOA, 2007).

A emissão de gases, vapores, pó e calor são provenientes de alguns processos de produção os quais alteram a composição do ar, que podem ser perigosos à saúde das pessoas expostas, comprometendo a eficiência do trabalhador. Para o controle da poluição do ar em ambientes residenciais, de trabalho ou de lazer utiliza-se a ventilação, que é um mecanismo que promove a diluição ou retirada de substâncias poluentes visando à adequação aos limites de tolerância e níveis aceitáveis ou recomendados (CHAVES, 2012).

A ventilação quando aplicada no setor industrial é denominada ventilação industrial. É, em geral, entendida como a operação realizada por meios mecânicos que visam controlar a temperatura, a distribuição do ar, a umidade e a eliminar agentes poluidores do ambiente, tais como gases, vapores, poeiras, fumos, névoas, microrganismos e odores, designados por contaminantes ou poluentes (MACINTYRE, 1990).

Os tipos de ventilação são mostrados no fluxograma da figura 1, abaixo.

Figura 1- Tipos de ventilação



Fonte: Oliveira (2020)

2.1.1 Ventilação Geral Diluidora

Segundo OLIVEIRA (2020), a Ventilação Geral Diluidora é um método de insuflar ar num ambiente ocupacional, de exaurir ar desse ambiente, ou ambos, a fim de promover uma redução na concentração de poluentes nocivos. Essa redução ocorre pelo fato de que, ao introduzir ar limpo ou não poluído em um ambiente contendo certa massa de determinado poluente, resulta numa massa dispersa ou diluída em um volume de ar maior, reduzindo, portanto, a concentração desses poluentes.

O uso de ventilação geral diluidora, quando não há contaminante presente, pode também ser utilizada para retirar calor do ambiente, gerado por irradiação solar ou por processos diversos executados na instalação.

A ventilação geral diluidora pode ser usada tanto para ambientes normais como para ambientes industriais. No caso de ambientes normais ela é usada com a finalidade de estabelecer condições de conforto ao homem e no ambiente industrial para remover contaminantes, calor ou ambos (VALLE PEREIRA FILHO e MELO, 1992).

Segundo Oliveira (2020), os objetivos de um sistema de ventilação geral diluidora podem ser:

- a) Proteção da saúde do trabalhador, reduzindo a concentração de poluentes nocivos abaixo de um certo limite de tolerância.
- b) Segurança do trabalhador, reduzindo a concentração de poluentes explosivos ou inflamáveis abaixo dos limites de explosividade e inflamabilidade.
- c) Conforto e eficiência do trabalhador, pela manutenção da temperatura e umidade do ar ambiente.
- d) Proteção de materiais ou equipamentos, mantendo condições atmosféricas adequadas.

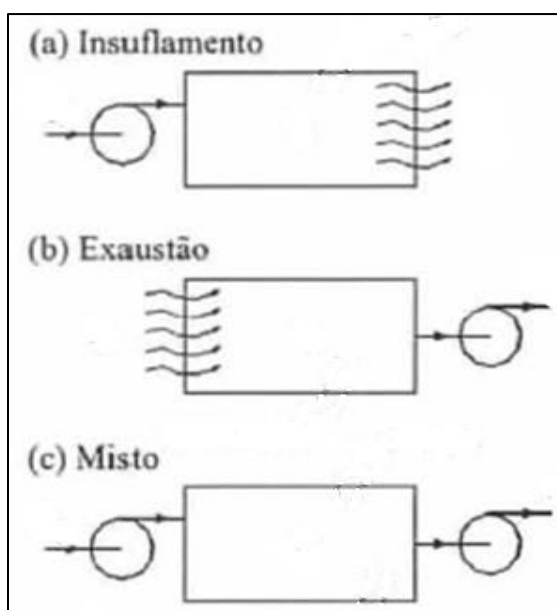
A ventilação geral diluidora, além de não interferir com as operações e processos industriais, é mais vantajosa que a Ventilação Local Exaustora (VLE), nos locais de trabalho sujeitos a modificações constantes e quando as fontes geradoras

de poluentes se encontrarem distribuídas no local de trabalho. Seu custo de instalação é relativamente baixo quando comparado com o da Ventilação Local Exaustora. É conveniente quando há interesse na movimentação de grandes volumes de ar na estação quente (CLEZAR; NOGUEIRA, 2009).

A Ventilação Geral Diluidora (VGD), proporciona uma ventilação do ambiente de um modo global. É indicada para situações em que a fonte de poluição do ar não está confinada em pontos perfeitamente identificáveis. Já a Ventilação Local Exaustora (VLE) é realizada por meio de um equipamento captor de ar local junto à fonte poluidora. É o tipo de ventilação indicada para situações em que as fontes de poluição sejam perfeitamente identificadas e localizadas no interior do ambiente.

Na figura 2 é possível observar os tipos de ventilação geral diluidora.

Figura 2- Exemplos de ventilação geral diluidora



Fonte: Clezar e Nogueira (2009).

A ventilação por insuflamento é utilizada para manter o conforto térmico de um ambiente, pois é capaz de renovar o ar interno do recinto através da diferença de pressão provocada, ocasionando a circulação do ar e consequentemente a saída do mesmo pelas aberturas. Na Ventilação Geral Diluidora (VGD) por exaustão, um ventilador succiona o ar contaminado para fora do ambiente ventilado. Ocorre uma

diferença de pressão, tornando o ambiente com pressão negativa, isso faz com que o ar externo possa entrar através das aberturas específicas (CLEZAR; NOGUEIRA, 2009).

2.1.2 Ventilação Natural

Segundo MACINTYRE (1990), a ventilação natural consiste em proporcionar a entrada e saída de ar de um ambiente sob uma forma controlada e intencional graças a aberturas existentes para esse fim, como é o caso de janelas, portas e lanternins.

A ventilação natural é um processo em que o ar externo é arrastado para dentro por meio de janelas ou portas abertas. O princípio é regido por diferenças na distribuição de pressões de ar em torno do recinto. Basicamente, o ar flui de espaços de alta pressão para espaços de baixa pressão, por influência de gravidade e pressão do vento. Os padrões de ventilação natural dependem da localização e controle das portas e janelas (OLIVEIRA, 2020).

Esta é a mais antiga e comum forma de ventilação, devido ao baixo custo inicial e baixo consumo de energia, entretanto, apresenta inúmeras limitações, por ser dependente das forças naturais ao vento e diferença entre as temperaturas internas e externas da estrutura (Hellickson & Walker, 1983).

Segundo Bittencourt e Candido (2010), a ventilação natural pode ser usada com três finalidades:

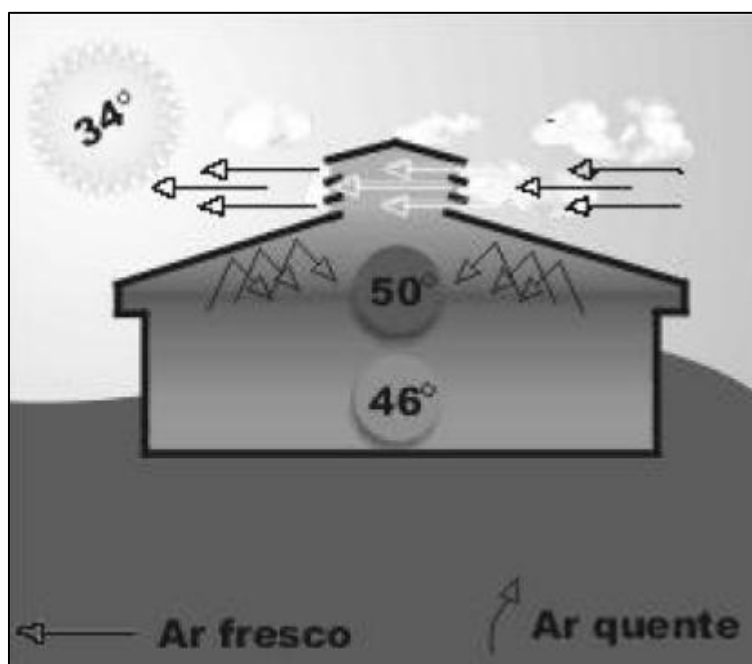
- manter a qualidade do ar nos ambientes internos;
- remover a carga térmica adquirida pela edificação;
- promover o resfriamento fisiológico dos usuários.

Uma quantidade maior de ar por área total de abertura é obtida usando-se áreas desiguais de aberturas de entrada e saída. Significa dizer que as aberturas devem ficar dispostas em faces com pressões diferentes, para que o vento possa se deslocar da zona de maior pressão em direção à zona de menor pressão (SZOKOLAY, 2004).

Segundo RENÉ (2004), os sheds e lanternins são dispositivos propostos pela engenharia para combater problemas com calor e renovação de ar, eles dependem do sentido de movimentação do ar. Nos dias de chuvas ou ventos fortes ocorrem à entrada de folhas, papéis, gravetos, poeira e água, pois sua intenção inicial era de jogar o vento para dentro do ambiente, produzindo assim a exaustão.

Quando correntes de ar são favoráveis, a maior parte do vento passa direto pela abertura dos lanternins impedindo que o ar quente continue sua ascensão natural. Desta maneira, a pequena quantidade de vento que consegue adentrar o ambiente acaba impulsionando o ar quente para baixo, agravando o problema, como visto na Figura 3 (RENÉ, 2004).

Figura 3 - Passagens e ar fresco pelo lanternin



Fonte: René Porfirio, 2004

As condições do vento não são sempre as mesmas, variando em intensidade e direção ao longo do ano e mesmo durante as 24 horas diárias. Por isso, a ventilação natural pela ação do vento não oferece garantias de uniformidade, o que não invalida sua aplicação em muitos casos, desde que o ar interno não contenha poluentes (BORRÉ, 2013).

2.1.3 Ventilação Local Exaustora

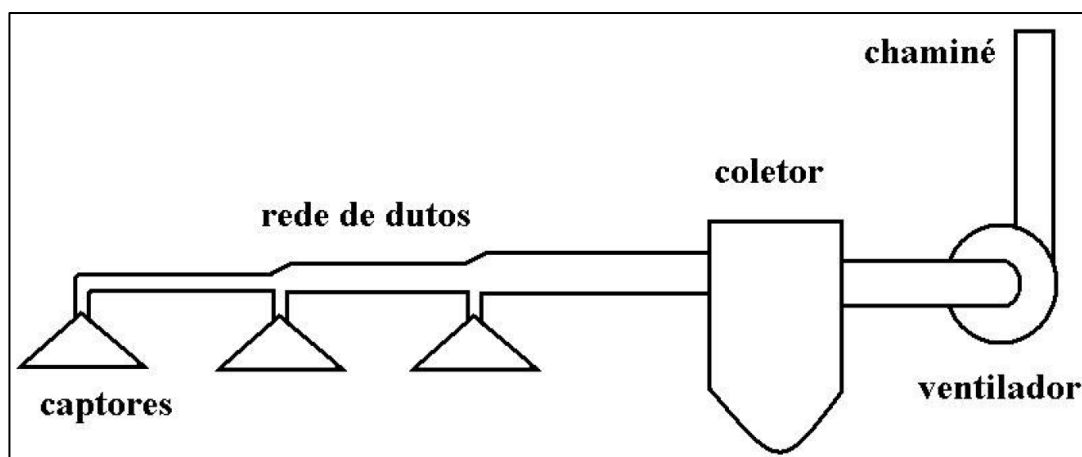
A Ventilação Local Exaustora (VLE) tem como objetivo principal captar os poluentes de uma fonte (gases, vapores ou poeiras tóxicas) antes que os mesmos se dispersem no ar do ambiente de trabalho, ou seja, antes que atinjam a zona de respiração do trabalhador. A ventilação de operações, processos e equipamentos, dos quais emanam poluentes para o ambiente, é uma importante medida de controle de riscos (LISBOA, 2007).

Segundo SOBRINHO (1996), a ventilação local exaustora é um dos recursos mais eficazes para o controle de ambientes de trabalho, principalmente quando aplicada em conjunto com outras medidas com vistas à redução, ou mesmo a eliminação, da exposição de trabalhadores a contaminantes químicos presentes ou liberados na forma de névoas, gases, vapores e poeiras.

A fim de que os poluentes emitidos por uma fonte possam ser tratados em um equipamento de controle de poluentes (filtros, lavadores, etc.), eles têm de ser captados e conduzidos a esses equipamentos, e isso, em grande número de casos, é realizado por esse sistema de ventilação. Desta forma parece que a ventilação local é mais eficiente, na prática, porém nem sempre é possível aplicá-la (OLIVEIRA 2020).

Os componentes da Ventilação Local Exaustora (VLE), sendo captadores, dutos, ventiladores e terminal de descarga (chaminé), estão mostrados na figura 4.

Figura 4 -Exemplo de VLE

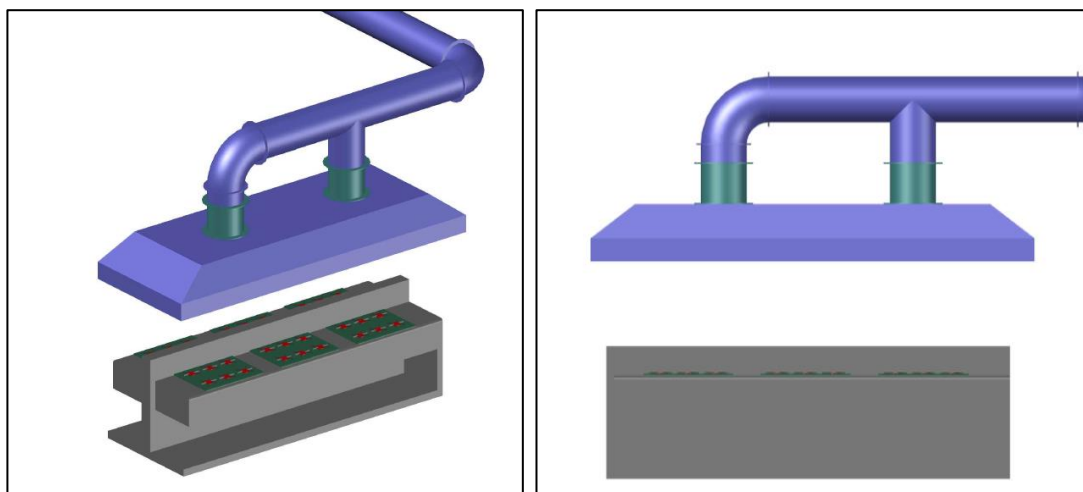


Fonte: Oliveira (2020)

2.1.3.1 Captores ou coifas

. A coifa deve ser deve estar posicionada acima do local de preparo dos alimentos. O tipo de coifa vai depender do local do fogão, que pode ser no centro (ilha) ou perto da parede. Pode ser de aspiração frontal, própria para equipamentos de fritura, como frigideiras e chapas. A Figura 5 ilustra o emprego de uma coifa sobre a fonte geradora (CIADOSEXAUSTORES, 2020)

Figura 5 - Coifa em perspectiva isométrica e frontal



Fonte: Autor (2020)

Movimentos de ar alheios ao fluxo criado pelo exaustor podem perturbar o fluxo de coleta induzido, exigindo assim maiores taxas de fluxo de ar para superar os efeitos perturbadores, nesse sentido, a eliminação de fontes de movimento de ar externos auxiliam na redução de custos associados a necessidade de maiores vazões de ar (ACGIH, 1998).

Dentre os movimentos de ar que interferem na coleta dos poluentes estão correntes de ar ambiente, de processos quentes, movimentação de máquinas, movimentação do material, resfriamento ou aquecimento rápidos de equipamentos, formato e localização do captor, interferência do operador entre o fluxo e o captor.

Alguns parâmetros são essenciais para o funcionamento dos captores, dentre eles está a velocidade de captura, que é a velocidade ar mínima em todos os pontos

da abertura ou face do captor, capaz de vencer correntes de ar opostas e capturar os contaminantes do ar para dentro do captor (LISBOA, 2007).

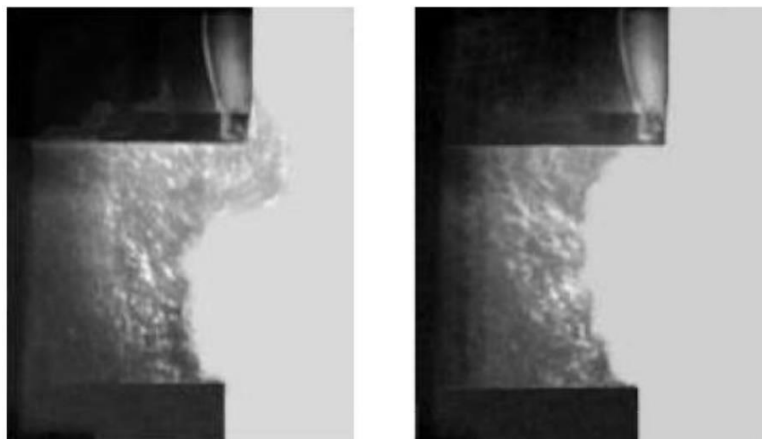
Outro parâmetro importante é a velocidade no duto que transporta os efluentes gasosos coletados, quando este efluente possui materiais sólidos, deve-se garantir que a velocidade no duto seja igual ou superior a mínima velocidade útil para mover as partículas juntamente com o fluxo de ar (ACGIH, 1998).

A velocidade de captura é determinada através da vazão de exaustão dividido pela área de abertura do captor. A definição da velocidade necessária para captura dependerá de características do poluente, como estado físico, composição química, volume gerado, temperatura, distância da fonte ao captor, toxicidade, além das características geométricas do captor. (ACGIH, 1998).

Segundo CUNHA (2016), a velocidade de captura definida para cada situação é responsável por criar um gradiente de velocidade no entorno do captor, onde, dependendo de suas características, o poluente deverá ser coletado ao entrar na região deste gradiente.

Segundo GONÇALVES (2012), uma variável importante para o cálculo de coifas é a altura em relação ao plano de cocção, pois se for muito elevada a pluma térmica pode perturbar-se por efeitos de correntes de ar. Porém, se for muito baixa, se torna difícil que a trabalhador realize o seu trabalho de forma ergonômica. A faixa de altura ideal usada por projetistas está entre 0,9 e 1,2 metros. Na figura 6 é possível visualizar a movimentação da pluma térmica nas situações de boa e má captação.

Figura 6 - À esquerda má captação, à direita captação bem sucedida



Fonte: Gonçalves (2012)

Segundo GONÇALVES (2012), as causas de má captação podem ser:

- Tamanho insuficiente da coifa – a coifa deve ter dimensões superiores aos limites da zona de cocção para abranger a influência de alguma corrente de ar.
- Aspiração insuficiente – o fluxo de admissão de ar deve o suficiente para arrastar os elementos produzidos pela cocção, fazendo com que este siga sua orientação prevista.
- Velocidade de aspiração insuficiente - esta tem influência não só na captação térmica, mas também na desagregação molecular que se irá dar por ação dos filtros, visto que para estes funcionarem é fundamental induzir uma velocidade de escoamento.
- Filtros obstruídos – influenciam com um incremento na perda de carga da instalação, bem como reduz a passagem dos efluentes, originando uma captação pouco eficiente.
- Falta de compensação do sistema de exaustão - dependendo das características da cozinha e do tamanho do canal de exaustão, algumas vezes é necessária a compensação do sistema de exaustão para que o decréscimo de pressão na sala não se torne tão acentuado, o que somente contribui num decréscimo de rendimento da instalação.

2.1.3.2 Ventiladores e exaustores

Os ventiladores fazem a circulação do ar ambiente, melhorando a sensação térmica possuindo grande capacidade de deslocamento de ar, em volume e distância. Podem ser afixados em paredes, pedestais ou dependendo do modelo podem até mesmo ficar suspensos pela estrutura do telhado, pois trata-se de uma solução econômica e eficiente em diversas aplicações. Existem diversos modelos e tipos de ventiladores, cada um com uma especificação técnica (BORRÉ, 2013).

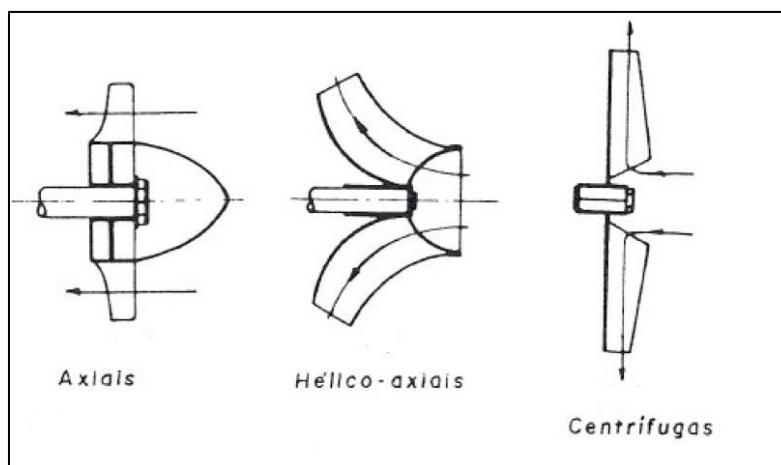
As seleções de ventilador incluem tipos de contaminantes transportados no sistema de ventilação local exaustora (VLE), taxa de fluxo de ar total exigida pelo sistema e disposição de espaço no local onde o ventilador é colocado.

Segundo MACINTYRE (1990), as modalidades construtivas dos ventiladores podem ser:

- a) Centrífugos, quando a trajetória de uma partícula gasosa no rotor se realiza em uma superfície que é aproximadamente um plano normal ao eixo, formando uma espiral;
- b) Hélico-centrífugos, quando a partícula em sua passagem no interior do rotor descreve uma hélice sobre uma superfície de revolução cônica cuja geratriz é uma linha curva;
- c) Axiais, quando a trajetória descrita por uma partícula em sua passagem pelo rotor é uma hélice descrita em uma superfície de revolução aproximadamente cilíndrica.

Tipos de ventiladores, quanto à construção são ilustrados na figura 7, a seguir.

Figura 7 - Modalidades construtivas dos ventiladores



Fonte: MACINTYRE (1990).

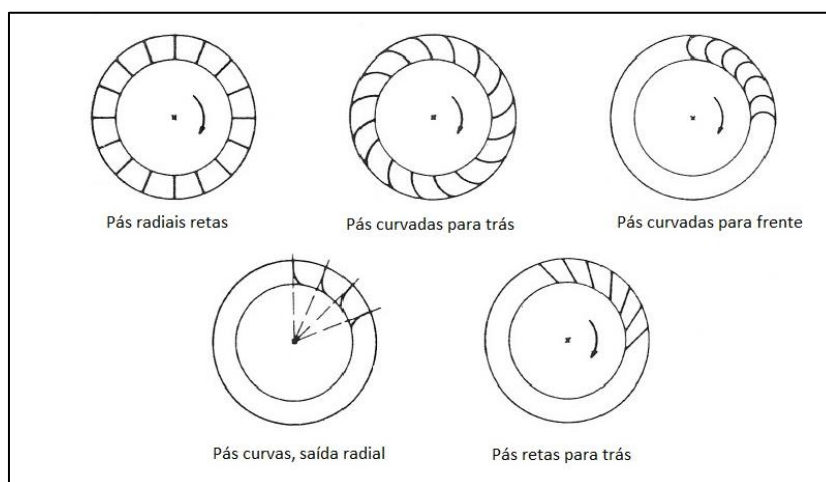
Quanto à forma das pás, ventiladores podem ter:

- a) Pás radiais retas, modelo robusto que movimenta grandes cargas de partículas e tem rendimento baixo em relação ao de pás curvadas.
- b) Pás inclinadas para trás (planas ou curvas) é usado em gases limpos, tem movimento silencioso e gera alta pressão.

- c) Pás inclinadas para frente, tem um bom rendimento e produz alta pressão
- d) Pás curvas de saída radial produz alta pressão e grandes vazões.

Tipos de ventiladores, quanto ao formato de pás é ilustrado na figura 8, a seguir.

Figura 8 - Formato de pás dos ventiladores



Fonte: MACINTYRE (1990).

Para a norma NBR 14518 (2000), o tipo mais executado em sistemas de exaustão é o tipo caracol, utiliza um rotor de pás curvadas para trás ou radial (para não armazenar gordura), acoplado a um motor elétrico através de polias e correias, contendo porta de inspeção e dreno para limpeza. É indicado para sistemas de exaustão de cozinhas os modelos, Limit Load e Siroco podendo ser de acionamento direto ou indireto.

Os ventiladores axiais (Figura 9) são utilizados em sistemas que operam em baixas ou médias pressões, são menos eficientes do que os centrífugos e provocam um maior nível de ruído. Tem algumas restrições, como utilização somente em sistemas, onde a perda de carga do projeto não ultrapasse 20 mmca de pressão estática.

Figura 9 - Exaustor axial



Fonte: Borré (2013).

2.1.3.3 Dutos

De forma geral o duto atende a importantes funções no sistema de ventilação. Basicamente direciona o fluxo de partículas movimentado por uma diferença de pressão, causando a exaustão de ar, caso expulse ar para o ambiente exterior, ou reposição, em caso de sistemas de insuflamento.

Segundo OLIVEIRA (2020), nos sistemas de ventilação são utilizados dutos de geometria retangular e circular, no entanto os dutos circulares são os mais empregados quando comparados com os retangulares, pois são capazes de suportar maior variação de pressão e por serem mais leves, menor área e retém menos resíduos.

A consideração mais importante no projeto do sistema de dutos é reduzir as perdas de energia que afetarão o fluxo de ar contaminado no duto. Esta redução no fluxo proporciona que as gorduras e poeira se acumulem no duto, resultando em problemas de incrustações e isso reduzirá a taxa de sucção do exaustor. Portanto, a velocidade ao longo dos dutos deve ser suficiente para transportar contaminantes para fora do ambiente. (THOMAS, 1995).

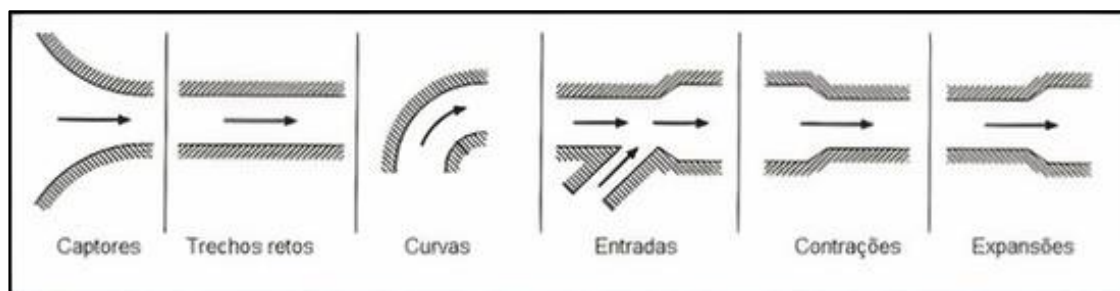
A tubulação utilizada na condução dos vapores, gases e gorduras deve ser fabricada com chapa de aço-carbono com no mínimo 1,37 mm de espessura ou aço inoxidável com no mínimo 1,09 mm de espessura. Outros materiais são permitidos,

desde que proporcionem resistência mecânica ao fogo e à corrosão, estanqueidade e rugosidade interna equivalente aos dutos de aço, e estejam em conformidade com a NBR 14.518 (2000).

Para a NBR 14518 (ABNT, 2000), os dutos devem ser providos de carretéis e de portas de inspeção com espaçamentos e dimensões que permitam a inspeção e uma completa limpeza interna do duto.

Para THOMAS (1995), a resistência ao fluxo de ar do duto e o comprimento do duto também determinam o tamanho dos exaustores e ventiladores no sistema. Um duto longo e reto com o mínimo voltas é o ideal para um bom projeto, pois suaviza o fluxo de ar. Os comprimentos não devem ter depressões ou locais de acúmulo de resíduos do cozimento. A Figura 10 mostra os tipos de perdas de cargas numa rede de dutos.

Figura 10 - Perdas de cargas nos dutos.



Fonte: Oliveira (2013).

3 METODOLOGIA

O tópico mostra a metodologia utilizada na pesquisa para que os objetivos propostos neste trabalho fossem alcançados. Visa permitir, através do estudo detalhado sobre Ventilação, um caminho para formulação e desenvolvimento dos resultados da pesquisa em questão.

3.1 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE VENTILAÇÃO

Segundo Lisboa (2007), projetar um sistema para a ventilação industrial de um recinto consiste basicamente em três etapas:

1. Determinação da vazão de ar necessária e o esquema de distribuição do ar no recinto a ser ventilado;
2. Projeto e cálculo da rede de dutos;
3. Seleção dos ventiladores ou de qualquer outro sistema de movimentação de ar.

O dimensionamento da ventilação de cozinhas industriais deve-se orientar segundo a norma reguladora NBR 14518 - Sistemas de Ventilação para Cozinhas Profissionais. Segundo esta, equipamentos, tais como fogões, fritadeiras, chapas, caldeirões, fornos, máquinas de lavar louças, etc., são fontes de emissão de calor, vapores com ou sem gordura e materiais particulados, que devem ser captados localmente, de forma contínua, enquanto perdurar a sua geração.

E para atender às necessidades de remoção das emissões e renovação de ar destes ambientes, deve haver um sistema de ventilação composto por: captadores, rede de dutos e acessórios, ventiladores, dispositivos e equipamentos para tratamento do ar exaurido, elementos de prevenção e proteção contra incêndio e compensação do ar exaurido (NBR 14518, 2000).

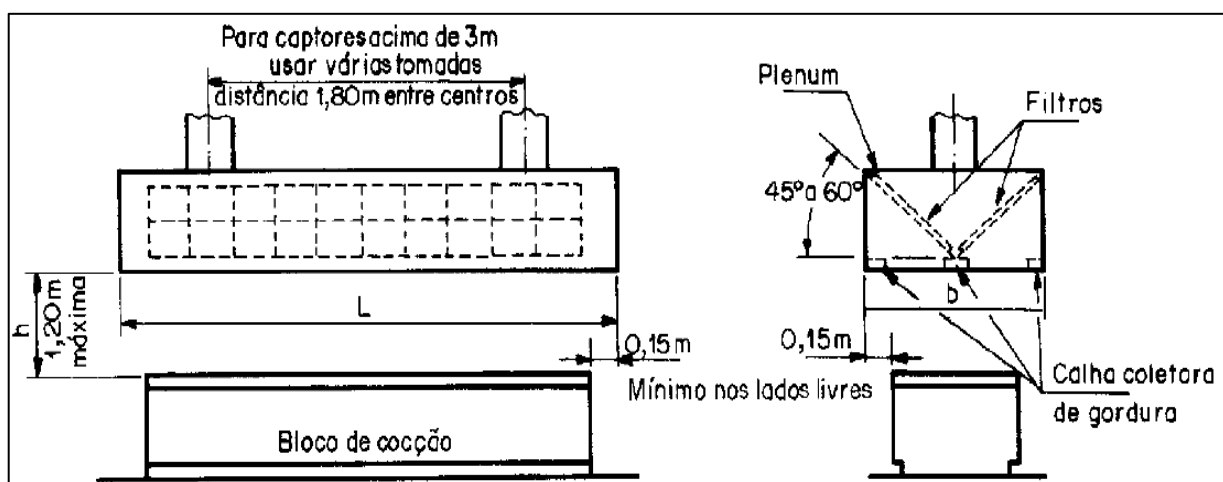
3.1.1 Dimensionamento dos Captadores

O Captor (Coifa) é instalado acima dos equipamentos de cocção abrangendo toda sua área. Atualmente as mais utilizadas são (AEROVENT, 2017).

- Coifa central ou de Ilha utilizada em áreas de cocção central.
- Coifa de parede utilizada em áreas de cocção encostadas em paredes.
- Coifa *wash-pull* que possui sistema de lavagem dos gases incorporado a ela.
- Coifa *push-pull* que possui sistema de insuflamento de ar incorporado a ela formando uma cortina de ar em suas extremidades.

No projeto da cozinha faz-se essencial o dimensionamento de 3 tipos de captadores. Os cálculos de vazão de aspiração dos captadores tipo central ou ilha (Figura 11), lados fechados (Figura 12) e coifa para fornos (Figura 13), é dado pelas equações de 1 a 10. O valor de vazão escolhido deve ser a maior calculado entre qv_1 e qv_2 , conforme expressado na norma NBR 14518 (ABNT, 2000).

Figura 11 - Coifa tipo central ou ilha



Fonte: ABNT (2000).

$$qv_1 = v_1 \times A_1 \quad (1)$$

$$A_1 = L \times b \quad (2)$$

$$v_1 = 0,64 \text{ m/s}$$

$$qv_2 = v_2 \times A_2 \quad (3)$$

$$A_2 = 2(L + b) \cdot h \quad (4)$$

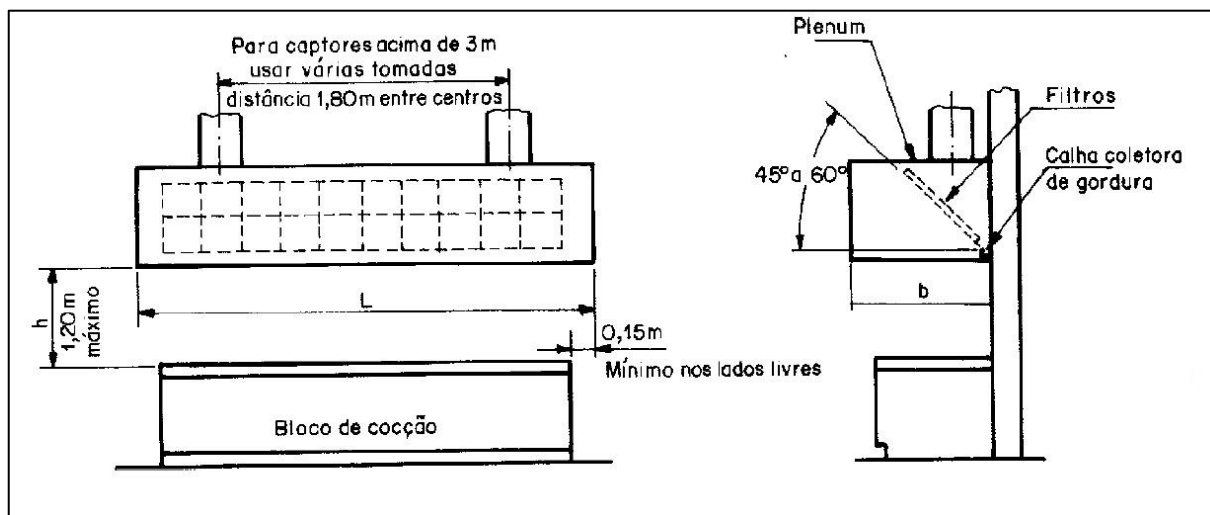
$$v_2 = 0,25 \text{ m/s}$$

Onde:

- qv_1 e qv_2 ,são as vazões de ar, em m^3/s ;
- A_1 e A_2 , são as áreas das coifas, em m^2 ;
- v_1 , é a velocidade de face, em m/s ;

- v_2 , é a velocidade do perímetro da coifa, em m/s;
- L , é o comprimento da coifa central, em m;
- b , é a largura da coifa central, em m;
- h , é altura da coifa central até o equipamento de cocção, em m.

Figura 12 - Coifa com lados fechados



Fonte: ABNT (2000).

$$qv_1 = v_1 \times A_1 \quad (5)$$

$$A_1 = L \times b \quad (6)$$

$$qv_2 = v_2 \times A_2 \quad (7)$$

$$A_2 = P \times h \quad (8)$$

$$P = 2b + L \quad (9)$$

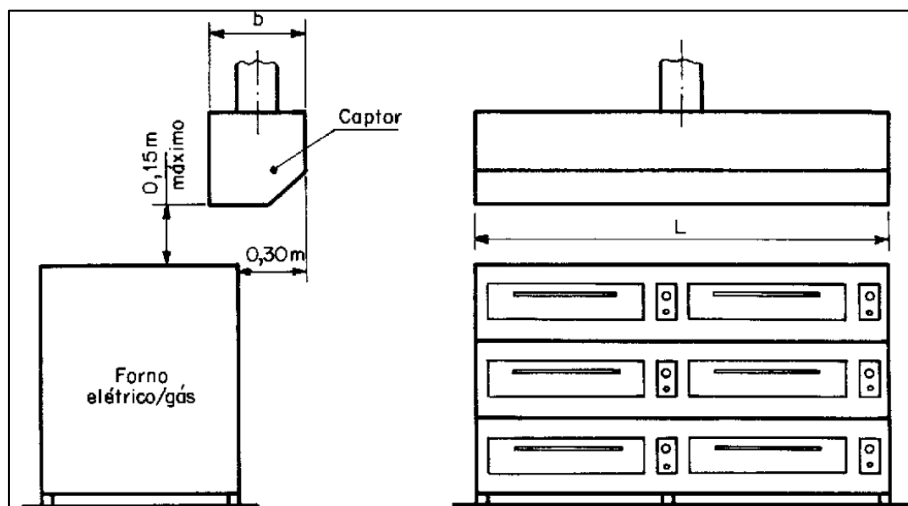
$$v_1 = 0,40m/s \quad , \quad v_2 = 0,25m/s$$

Onde:

- qv_1 e qv_2 ,são as vazões de ar, em m³/s;
- A_1 e A_2 , são as áreas das coifas, em m²;
- v_1 , é a velocidade de face, em m/s;

- v_2 , é a velocidade do perímetro da coifa, em m/s;
- L , é o comprimento da coifa central, em m;
- b , é a largura da coifa central, em m;
- h , é altura da coifa central até o equipamento de cocção, em m.

Figura 13 - Coifa para Fornos



Fonte: ABNT (2000).

$$Q = v \times A \quad (10)$$

$$A = L \times b \quad (11)$$

$$v = 0,50 \text{ m/s}$$

Onde:

- Q , é a vazão de ar, em m^3/s ;
- A , é a área da coifa, em m^2 ;
- v , é a velocidade de face, em m/s;
- L , é o comprimento da coifa

3.1.2 Dimensionamento dos Dutos

Segundo Macintyre (1990) o dimensionamento, qualquer que seja o método adotado, baseia-se na Equação de Continuidade e no Princípio de Conservação da Energia para os fluidos em escoamento. Onde o sistema de dutos de ventilação vem a ser uma disposição de tubulações de baixa pressão, onde, portanto, a compressibilidade pode ser desprezada. O cálculo de vazão em dutos deve seguir a equação 12.

$$q = V \times A \quad (12)$$

Onde:

- q, a vazão, expressa em m³/s;
- V, a velocidade média de escoamento do ar em m/s;
- A, a área transversal da seção de escoamento em m².

O diâmetro equivalente (equação 13), para dutos retangulares é usado como base para determinação da rugosidade relativa da tubulação, mantendo-se o mesmo comprimento, resistência e fluxo de massa, dado pela seguinte equação (PEREZ, 2014).

$$d_{eq} = 1,3 \frac{ab^{0,625}}{(a+b)^{0,25}} \quad (13)$$

Onde:

- d, o diâmetro equivalente da seção em m;
- a, a largura da seção retangular em m;
- b, a altura da seção retangular em m;

Segundo Oliveira (2016), dutos de geometria retangular e circular são utilizados em sistemas de ventilação, no entanto os dutos circulares são os mais empregados quando comparados com os retangulares, pois são capazes de

suportar maior variação de pressão e por serem mais leves, possuem menor área e retém menos resíduos.

Para a norma NBR 14518 (2000), é necessário que a velocidade mínima nos dutos de exaustão deve ser de 7,5 m/s. A velocidade máxima deve ser estabelecida, considerando-se parâmetros de níveis de ruído, limitações de espaço e conservação de energia. A rede de dutos de exaustão deve ser projetada minimizando o seu desenvolvimento em direção ao ponto de descarga, reduzindo o seu percurso no interior da edificação.

3.1.3 Perda de Carga

Segundo Macintyre (1990), ao longo da instalação de ventilação forçada, existem peças que contribuem para aumentar a perda de carga do sistema, em razão do atrito, das turbulências e das variações na velocidade. A perda de carga nos acessórios, considerando também o captor, é calculada pela seguinte expressão:

$$\Delta p = k \frac{v^2}{2} \rho \quad (14)$$

Onde:

- Δp , é a perda de carga no acessório em N.m²;
- k , é Coeficiente da perda de carga;
- v , a velocidade em m/s;
- ρ , a massa específica do ar em Kg/m³.

A queda de pressão em dutos, associada com a perda de energia devido ao atrito é calculada com o auxílio da equação de Darcy-Weisbach, a qual é aplicada tanto para os escoamentos laminares como também para os escoamentos turbulentos (CLEZAR E NOGUEIRA, 2009):

$$\Delta p = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2} \rho \quad (15)$$

Onde:

- ΔP = Perda de carga (Pa);
- f = Coeficiente de fator de atrito;
- L = Comprimento retilíneo do duto (m);
- D = Diâmetro interno do duto (m);
- V = Velocidade média do escoamento (m/s);
- ρ = massa específica do ar (kg/m³).

O número de Reynolds é um número adimensional usado para o cálculo do regime de escoamento de um determinado fluido sobre uma superfície. Quando o coeficiente de atrito não é fornecido pelo fabricante do material, este pode ser determinado calculando-se o número de Reynolds, e a rugosidade relativa e observando -se no diagrama de Moody. Número de Reynolds é descrito na Equação 16. (GELESKI, 2015).

$$Re = \frac{V \cdot D}{\nu} \quad (16)$$

Onde:

- Re , número de Reynolds;
- V , a velocidade em m/s;
- D , o diâmetro do duto em m;
- ν , o coeficiente de viscosidade cinemática em m²/s.

Para o número de Reynolds menor do que 2.300, o escoamento será laminar, se for maior do que 4.000, o escoamento será turbulento e o coeficiente de atrito tem determinação experimental (SILVA, 2019).

No escoamento turbulento o coeficiente de atrito tem determinação experimental e depende do número de Reynolds e da rugosidade relativa da superfície interna das paredes dos dutos. (CLEZAR E NOGUEIRA, 2009). O fator de atrito está na equação 17.

$$f = a + b \cdot Re^{-c} \quad (17)$$

Onde:

$$a = 0,53\left(\frac{\varepsilon}{D}\right) + 0,094\left(\frac{\varepsilon}{D}\right)^{0,225}$$

$$b = 88\left(\frac{\varepsilon}{D}\right)^{0,44}$$

$$c = 1,62\left(\frac{\varepsilon}{D}\right)^{0,134}$$

- ε , rugosidade das paredes do duto (m).
- $\frac{\varepsilon}{D}$, rugosidade relativa das paredes do duto (m). (18)

3.1.4 Compensação do ar exaurido pelas coifas

Segundo LEAL (2018), finalidade da compensação do ar exaurido é a reposição deste, que deve ser arrastado pelas coifas juntamente com os efluentes provenientes do equipamento de cocção como também viabiliza o conforto de temperatura.

A NBR 14518 (ABNT, 2000), estabelece que os somatórios de todas as vazões dos captosres devem assegurar no mínimo 60 renovações por hora do volume da área de operacional de cocção da cozinha. Não se aplica para cozinhas com ar condicionado e com coifas com função de aspiração e insuflação (push-pull ou make-up air).

A pressão no interior da cozinha deve ser mantida negativa em relação aos ambientes adjacentes, de modo a evitar a propagação de odores para esta. (ABNT, 2000). Neste trabalho será usado um valor igual ou inferior a 10% do efluente exaurido (LEAL, 2018).

4 RESULTADOS E ANÁLISES

Neste capítulo serão mostradas as etapas que foram realizadas na análise da cozinha industrial do Hospital do Parque Piauí (HPP). Desde a etapa inicial de colhimento das informações, fotos, croqui do ambiente até a definição dos erros e

correção dos mesmos, tudo com base no referencial teórico já descrito. Em especial a NBR 14518 (ABNT, 2000), norma que rege a ventilação de cozinhas industriais.

4.1 DESCRIÇÃO DO AMBIENTE PESQUISADO

Para o desenvolvimento deste trabalho foi escolhida a cozinha industrial do Hospital do Parque Piauí (HPP), localizada cidade de Teresina PI, bairro Parque Piauí. A visita foi comunicada com antecedência de uma semana, e confirmada no dia anterior à visita, com a devida confirmação por escrito do responsável pela unidade hospitalar.

Os dados foram coletados no local e no momento das ações dos usuários, conforme princípios da pesquisa qualitativa. A visita foi realizada dentro de todos os parâmetros de segurança física e alimentar, com os devidos aparatos de segurança, como sapatos, botas, máscara e touca. Cuidados estes, com a intenção manter rigoroso padrão de higiene na produção dos alimentos, exigidos pela Vigilância Sanitária.

Figura 14 - Área da Coifa 1



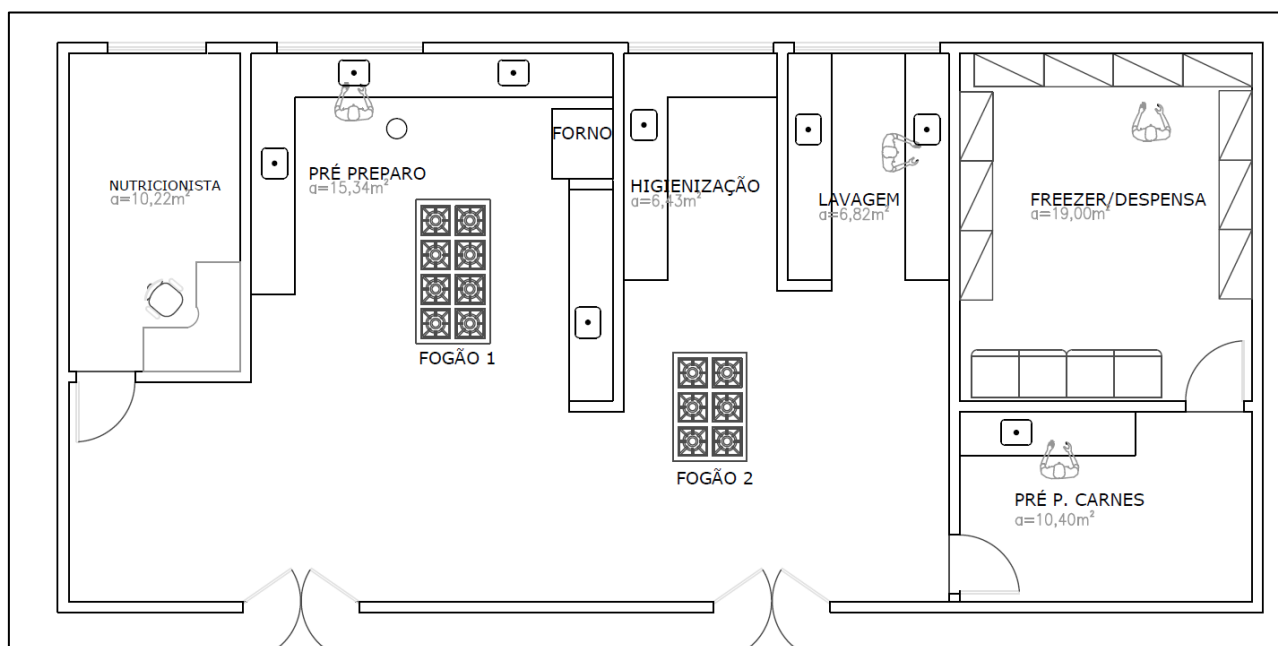
Fonte: Autor (2020).

O setor administrativo da cozinha conta com o apoio de três funcionários, e o processo industrial é realizado por vinte e um funcionários que se revezam em três turnos, resultando numa média de sete funcionários por turno. Na cozinha são produzidas aproximadamente 1800 refeições, distribuídas entre café da manhã, lanche da manhã, almoço, lanche da tarde, jantar e ceia.

A intenção de analisar a ventilação da cozinha industrial do HPP foi devido ao intenso calor gerado no local, que necessita ser eliminado, pois aquece o ambiente, provocando um desconforto aos trabalhadores e proporcionando um local insalubre, segundo as normas de segurança e saúde do trabalhador, insalubridade (NR15, 2018).

Por produzir uma média de 1800 refeições, a cozinha em estudo é considerada de médio porte por produzir entre 501 e 3000 refeições por dia (ZOMPERO, 2014).

Figura 15 - Planta baixa da cozinha do HPP



Fonte: Autor (2020).

Após colhimento dos dados foi possível constatar que a cozinha possui uma área de aproximadamente 61,00m², tem um pé direito de 2,95 metros de altura e equipamentos diversos, como micro ondas, forno industrial, fogões industriais e duas

coifas de 1,15 x 1,90 m² e 1,15 x 1,35 m² sobre os dois fogões. Os equipamentos geradores de calor estão descritos na Tabela 1, a seguir.

Tabela 1 - Equipamentos geradores calor

Equipamento	Descrição	Dimensões
Fogão Industrial 1	8 bocas	1,95 m x 1,00 m x 0,80 m
Fogão Industrial 2	6 bocas	1,50 m x 1,00 m x 0,80 m
Forno Industrial	2 câmaras	0,92 m x 0,88 m x 1,65 m

Fonte: HPP (2020).

Diversas informações foram obtidas, após a inspeção no sistema, nos aspectos de instalação, operação e manutenção.

A visita técnica ao hospital possibilitou muitos relatos e informações. Segundo a administração, a cozinha industrial do hospital possui plano de manutenção do sistema de ventilação, com manutenção de três em três meses.

Porém o sistema de ventilação estava inoperante havia um mês, devido ao excesso de gordura nos dutos da coifa 1, aguardando uma manutenção corretiva de empresa responsável.

4.2 AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE VENTILAÇÃO ATUAIS

A situação da ventilação na cozinha se encontra ineficaz. Segundo relato dos funcionários da cozinha, o ambiente encontrava-se desconfortável nas áreas de cocção, porém estes estavam acostumados àquela condição. Foi descoberto que o sistema estava inoperante devido falta de manutenção preventiva. Segundo plano de administração da cozinha, manutenções preventivas tem periodicidade trimestral com uma empresa terceirizada.

A ausência de manutenções preventivas é um problema recorrente em várias cozinhas industriais que gera gastos elevados e inesperados para a troca de peças, ou dos próprios maquinários em caso de defeito.

Observando o sistema de ventilação, foi identificado que gorduras se instalaram na rede de dutos e no exaustor axial, localizado na saída da coifa 1, de tal forma a dificultar a movimentação das hélices do exaustor, conforme figura 16.

Figura 16 - Exaustor axial na entrada da coifa 1



Fonte: Autor (2020).

Embora bem instalado, o captor 1 está em desconformidade com a norma. De acordo com a norma NBR 14518 (ABNT, 2000), os filtros dos captores são de instalação obrigatória nas coifas, que atendam blocos de cocção que emitam vapores de gordura. Devem ser do tipo metálico, removíveis e laváveis. Sendo dispensável o uso dos filtros nos captores de sistemas de exaustão sem gordura, tais como os fornos elétricos.

Também, segundo a norma, é proibido uso de filtros de tela (mesh), colmeia ou outros tipos acumulativos, pois estes mantêm as gorduras e óleos condensados expostos ao fluxo e sujeitos a combustão.

O acúmulo de gordura além de comprometer o funcionamento do sistema de exaustão é um dos responsáveis por incêndios em cozinhas. É imprescindível manter o sistema limpo, livre de resíduos graxos.

Na cozinha em questão é possível observar a inexistência de filtros instalados na abertura do captor 1, conforme Figura 17, já o captor 2 está de acordo, por possuir filtro inercial.

Figura 17 - Coifa 1 à esquerda e Coifa 2 à direita



Fonte: Autor (2020).

O forno elétrico de massas se encontra sem sistema de captação de calor. Embora não gere gorduras, este pode chegar a temperaturas externas por volta de 50°C, aumentando significativamente a carga térmica do recinto. Para a norma, um captor deve ser instalado sobre a face dotada de portas de acesso ao mesmo, avançado em relação ao equipamento e dispensável uso de filtros. O forno em questão é exposto na figura 18.

Figura 18 - Forno elétrico industrial



Fonte: Autor (2020).

4.3 REDIMENSIONAMENTO DA VLE

Como foi observado anteriormente, vários erros existem no sistema de Ventilação Local Exaustora (VLE). Por isso é imprescindível seu redimensionamento, com a finalidade de respeitar os princípios da norma NBR 14518 ABNT (2000).

4.3.1 Sistema de Exaustão

Para o dimensionamento de dutos e captosres, bem como das singularidades ao longo deles, o projetista deverá levar em consideração as vazões necessárias para cada captor, velocidade de transporte recomendada para o trecho principal dos dutos e as devidas perdas de carga, a fim de determinar a potência do motor e ventilador, bem como das secções dos dutos.

Inicialmente foi preciso deslocar o fogão 2, 67 centímetros em direção à parede da área de Higienização, com a finalidade de melhorar o deslocamento dos funcionários da cozinha e evitando possíveis acidentes de trabalho. Desta forma, encostado na parede, o fogão 2 receberá uma coifa com um lado longitudinal fechado.

4.3.1.1 Coifas

Inicialmente, foi definido o tamanho das coifas. Os 3 equipamentos geradores de calor estão descritos na tabela 1. Com base nisso, foi selecionado um captor tipo ilha para o fogão 1, outro captor com lado fechado para o fogão 2 e um captor de parede para o forno industrial.

Segundo a norma NBR 14518, para coifas em ilha, a borda interna da coifa deve ter, no mínimo, 15 centímetros livre em relação à borda do forno, e 1,20 metros de distância vertical máxima, onde foi escolhido o valor de 1,00 metro, entre bordas. Já para fornos, teremos 30 cm de borda livre horizontal mínima, e 15 cm de máxima distância na vertical.

A partir das dimensões dos captosres, foram usadas as equações de 1 a 11, retiradas da norma NBR 14518, para calcular as vazões de captação de ar nas

coifas. Os cálculos de vazões para as 3 coifas estão descritos no Anexo A deste trabalho. A tabela 2 apresenta os valores de vazões calculadas e dimensões das coifas com valor de área e distância vertical H entre coifa e equipamento, para o dimensionamento do sistema de exaustão.

Tabela 2 - Vazões e dimensões das coifas

	Coifa 1	Coifa 2	Coifa 3
Vazão (m³/h)	6739	3960	2070
Área	2,25 m x 1,30 m	1,80 m x 1,30 m	1,15 m x 1,00 m
H(m)	1,00	1,00	0,15

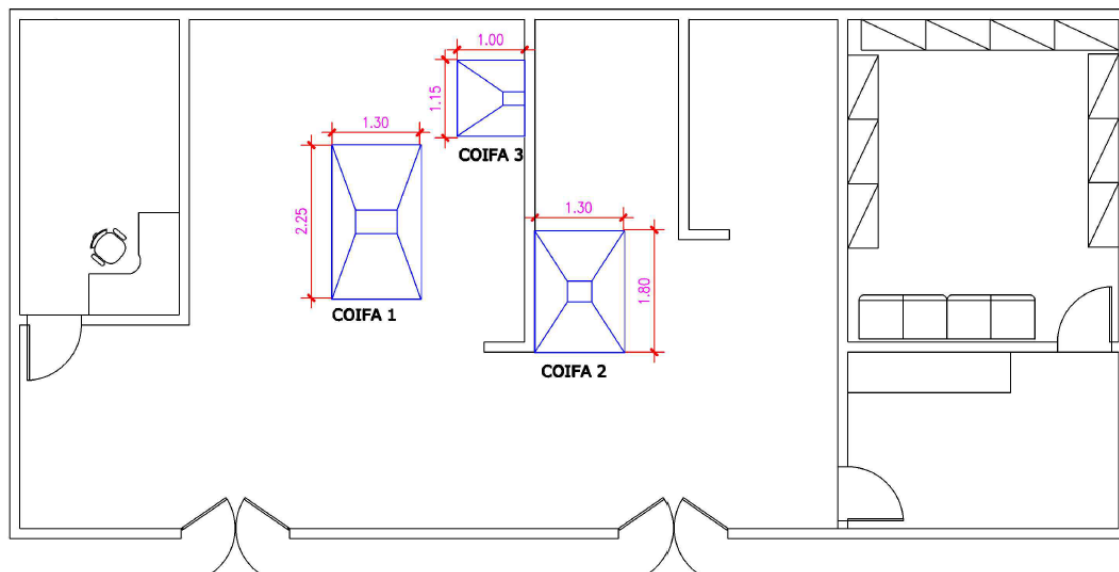
Fonte: Autor (2020).

O número de renovações de ar na cozinha se obtém a partir da razão entre o somatório das vazões das coifas $Q=12769 \text{ m}^3/\text{h}$ e o pelo volume do recinto $V=179,95 \text{ m}^3$, resultando no total de 70,95 renovações de ar por hora. O que ultrapassa o mínimo de 60 renovações, segundo norma NBR 14518.

Para utilização nos três tipos de captor do projeto, foi escolhido o modelo de coifa Lavadora TRICAP da fabricante CAPMETAL. É um tipo de captor “Wash Pull”, com sistema de lavagem automático de gordura. Segundo a fabricante, a perda de carga de cada coifa é de 17 mmca. Suas características são:

Construção totalmente em aço inoxidável escovado, as coifas lavadoras TRICAP® são compostas apenas pelo corpo da Coifa Lavadora com o tanque de líquido recirculante e bomba centrífuga incorporados, formando um conjunto monobloco. A instalação requer somente a interligação das unidades de hidráulica / elétrica, rede de dutos, exaustor e periféricos como Dampers e Registros.
(CAPMETAL, 2020, p.1).

Na Figura 19 é mostrado as posições dos captos selecionados na cozinha.

Figura 19 - Disposições das coifas

Fonte: Autor (2020).

4.3.1.2 Dutos

A velocidade mínima nos dutos de exaustão deve ser de 7,5 m/s. A velocidade máxima deve ser estabelecida, considerando-se parâmetros de níveis de ruído, limitações de espaço e conservação de energia (ABNT, 2000). Foi escolhido velocidade de 9,0 m/s para exaustão e 8,0 m/s para insuflamento.

Os dutos serão estabelecidos com chapa de aço carbono número 16 MSG, pela ótima vantagem de custo/benefício e soldabilidade do aço carbono em relação ao aço inoxidável.

Para determinação da área de seção dos dutos é fundamental atribuir uma velocidade limite para o escoamento dos gases do sistema de ventilação, neste caso foi adotado 9,0 m/s, e a partir da equação 12, calcula-se a área.

Para definir as dimensões dos dutos firma-se um valor para a altura do duto, menor que a dimensão de largura que seja concernente com o layout da cozinha. A largura deve ser aumentada para se obter uma velocidade real de escoamento menor que a velocidade limite. A velocidade real de escoamento é definida pela razão entre a vazão do sistema e a área de seção com dimensões reais.

O cálculo de diâmetro equivalente, dado na equação 13 é necessário para determinação do nível de escoamento, oferecido pelo número de Reynolds (equação 16), e também da rugosidade relativa na equação 17.

4.3.1.3 Perdas de carga na Exaustão

As perdas de carga localizadas são calculadas através da equação 14. A identificação das singularidades depende do esboço do sistema, o qual foi identificado curvas 90° e mudanças de seção na ligação duto/ventilador. Os coeficientes utilizados foram retirados de ASHRAE (2001). Os cálculos de perdas de carga localizadas estão demonstrados no anexo B.

A tabela 3 demonstra os valores das perdas de cargas em cada acessório do sistema de exaustão.

Tabela 3 - Perdas de carga localizadas na Exaustão

	EX 1	EX 2	EX 3
Curva De 90° (Pa)	31,16	14,71	15,03
Transição retangular/circular (Pa)	3,19	2,60	0,68
Terminal de descarga (Pa)	41,44	39,75	39,58
Coifa (Pa)	166	166	166

Fonte: Autor (2020).

Segundo a norma da NBR 14518 (2000), Damper corta-fogo é um dispositivo de acionamento eletromecânico que, em caso de incêndio, impede durante um determinado tempo a propagação de fogo, fumaça e líquidos através do duto.

É totalmente fabricado em chapa de aço zincada conforme norma NBR 7008, tem tampa em chapa com isolamento térmico e mancais em aço. O isolamento é de material termo isolante, composto de silicato de cálcio. Segundo descrição do fabricante, TROX BRASIL:

Os dampers tem uma classificação de resistência ao fogo de 45 a 120 minutos dependendo da sua série e são adequados para instalações em paredes ou lajes. A situação da instalação é independente da direção do fluxo de ar. São fornecidos com uma guarnição perimetral para garantir estanqueidade contra fumaça fria ($t < 70^{\circ}\text{C}$) conforme Norma DIN 4102. Possui também uma guarnição termo expansiva que garante uma estanqueidade contra fumaça quente a partir de $t > 140^{\circ}\text{C}$. (TROXBRASIL, 2020, p.2).

Como parte do sistema de incêndio serão utilizados 3 dampers para cada saída de coifa. Os modelos que se encaixam no sistema de exaustão estão descritos na tabela 4 e figura 20.

Tabela 4 - Características dos dampers no sistema de exaustão

Modelo	Quantidade	Dimensões (mm)
FKA-TI-BR-120	1	600x400
FKA-TI-BR-60	1	500x300
FKA-TI-BR-60	1	400x200

Fonte: TROX BRASIL.

Figura 20 - Damper



Fonte: Trox Brasil.

Para encontrar as perdas lineares dos dutos aplica-se a equação de Darcy-Weisbach (equação 15). Os comprimentos de dutos são definidos segundo o desenho

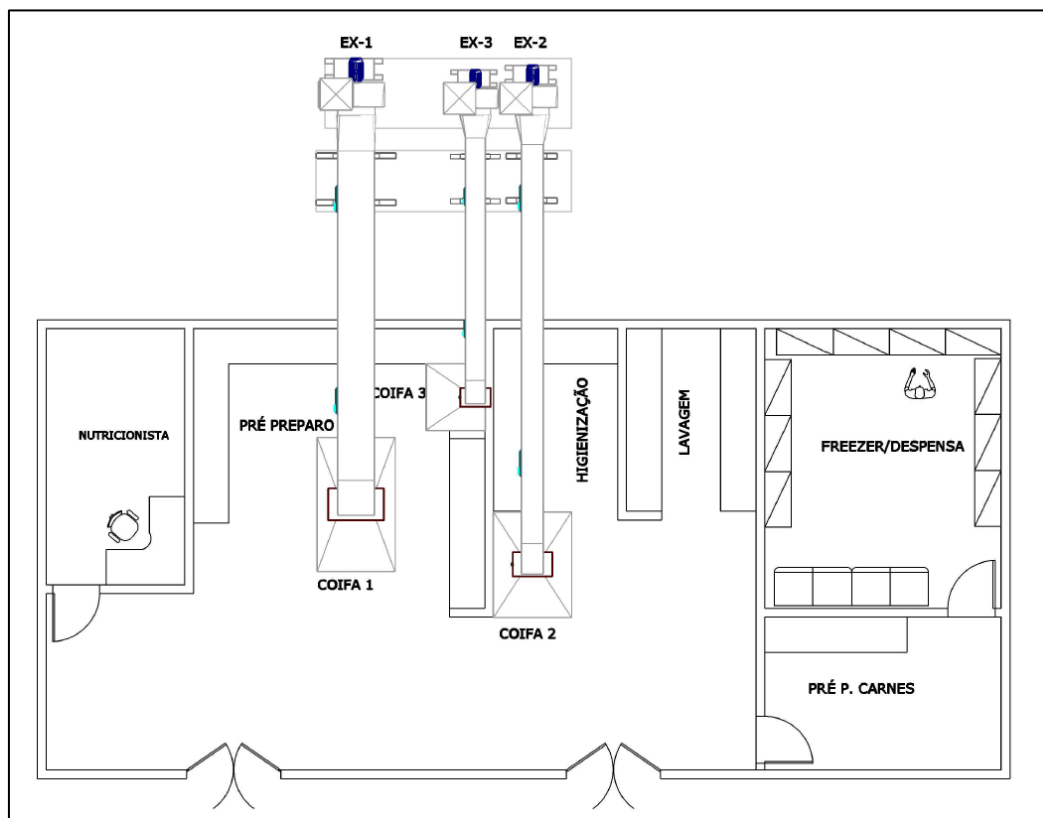
do sistema. Para isto devem ser calculados o fator de atrito (equação 17), que depende do número de Reynolds (equação 16) e rugosidade relativa (equação 18) dos mesmos. Após o desenvolvimento de todos os cálculos, consegue-se obter as perdas totais na exaustão na Tabela 5 e chegamos ao Layout da Figura 21.

Tabela 5 - Perdas de carga do sistema de Exaustão

	COIFA 1	COIFA 2	COIFA 3
Vazão (m³/h)	6739	3960	2070
Velocidade máxima (m/s)	9,0000	9,0000	9,0000
Área real do duto (m²)	0,21	0,1222	0,0639
Altura do duto(m)	0,35	0,3	0,2
Largura do duto(m)	0,60	0,42	0,33
Diâmetro do equivalente (m)	0,4965	0,3867	0,2787
velocidade real (m)	8,914	8,730	8,712
Rugosidade relativa	0,000302	0,000388	0,000538
Fator (a)	0,01534	0,01626	0,01757
Fator (b)	2,4875	2,7767	3,2072
Fator (c)	0,5468	0,5655	0,5908
Reynolds	225803	180556	129856
Fator de atrito	0,0183	0,0192	0,0206
Comprimento nos trechos retilíneos (m)	13,35	11,32	14,15
Perda de carga nos dutos retos (Pa)	20,3643	22,3629	41,4473
Coef. perdas localizadas	1,84	1,44	1,40
Perdas localizadas (Pa)	76,39	57,06	55,29
Perdas em acessórios (Pa)	166,60	166,60	166,60
Total da perda de carga (Pa)	263,35	246,02	263,34
Total da perda de carga (mmca)	26,8544	25,0870	26,8530

Fonte: Autor (2020).

Figura 21 - Layout dos Dutos e acessórios de Exaustão



Fonte: Autor (2020).

4.3.1.4 Ventiladores na Exaustão

A escolha dos ventiladores da exaustão foi realizada pelo programa Vortex 4.0, da OTAM fornecido no site da Soler & Palau. Com as informações de vazão, temperatura, pressão estática e tipo de ventilador, é possível visualizar uma tabela com os modelos que se enquadram para o projeto. Segundo Monteiro (2009), os gases que percorrem os dutos de exaustão têm uma temperatura média de 67°C.

Os sistemas de ventilação que equipam as cozinhas profissionais deverão ter uma resistência relativamente alta, contra as condições em que o rotor tem de operar. O ventilador deverá ser selecionado, de modo a admitir uma adicional perda de carga de 10%, acima da pressão estática original, capaz de garantir uma extensão da rede de dutos, nas eventuais operações de alargamento da capacidade produtiva da cozinha (MONTEIRO, 2009).

Foram escolhidos ventiladores centrífugos tipo Limit Load com pás voltadas para trás de simples aspiração, acionamento direto no eixo do motor com 4 polos, 60 Hz monofásico, tela de proteção na aspiração, com porta de inspeção e descarga vertical ascendente, conforme catálogo da OTAM (2020).

Tais modelos apresentam baixo ruído, com movimentações de médio a elevados volumes de ar, com pressões de média a elevada e com alta eficiência energética. Possui bocais de aspiração repuxados, conferindo excelente característica aerodinâmica. Movimentam-se a aproximadamente 2 vezes a rotação dos ventiladores Sirocco. A curva de potência neste modelo geralmente atinge um máximo no meio do intervalo de operação normal, portanto a sobrecarga geralmente não é problema. A seguir são expostos um exemplar deste tipo de ventilador (Figura 22) e tabela 6 com as características dos ventiladores escolhidos.

Figura 22 - Modelo Limit Load com pás para trás



Fonte: exaustor.com.

Tabela 6 - Características dos ventiladores de exaustão

Modelo	Velocidade de descarga (m/s)	Rotação (rpm)	Pressão Estática (mmca)	Rendimento (%)
RLS 450 Classe 1	11,56	1469	29,54	68,27
RLS 355 Classe 1	10,91	1944	27,60	56,19
RLS 315 Classe 1	7,24	1746	29,54	70,17

Fonte: Soler e Palau.

O Anexo C ilustra de forma detalhada, os valores obtidos com a simulação do programa da Soler e Palau.

4.3.2 Sistema de insuflamento

A compensação da exaustão da cozinha do HPP foi escolhida com sistema de dutos e gabinetes de ventilação, a fim de insuflar ar limpo no ambiente interno por meio de grelhas. Foi mantida uma pressão negativa, um valor equivalente a 10% da vazão de exaustão.

Calculando o valor da vazão de insuflamento, chegamos no valor de vazão total de $Q_{total}=11492 \text{ m}^3/\text{h}$, onde será dividido em dois sistemas a fim de balancear o deslocamento de ar. Desta forma, existirá dois sistemas operando com vazão de $Q_{ins}= 5746 \text{ m}^3/\text{h}$, cada.

4.3.2.1 Grelhas

Continuando desenvolvimento do sistema, foram dimensionadas 4 grelhas por sistema, totalizando 8, responsáveis por dividir a compensação de ar no valor de $1437 \text{ m}^3/\text{h}$ para cada dispositivo, conforme layout da cozinha. Para a seleção das mesmas, utilizou-se o catálogo da fabricante FINCO.

As grelhas de ventilação selecionadas são modelo GLS da marca FINCO fabricadas em perfil de alumínio com acessório de moldura em aço. As especificações, como vazão e dimensões estão demonstradas na Tabela 7.

Tabela 7 - Grelhas selecionadas no projeto

Modelo	Quantidade	Dimensões (mm)	Vazão (m³/h)	Perda de carga (Pa)
GLS	8	625x525	1620	9,0

Fonte: Finco (2020).

4.3.2.2 Filtros

Para garantir a pureza do ar de insuflamento, foram selecionados filtros planos, tipo M5 médio da marca TROX BRASIL, demonstrados no catálogo da empresa. São feitos de fibras sintéticas com reforço de tela metálica, apresentam alta capacidade na retenção de particulado grosso e baixa perda de carga, o que reduz o consumo de energia.

Segundo o fabricante, TROX BRASIL, a perda de carga máxima no filtro é de 300 Pa ou 30,61 mmca. A tabela 8 apresenta as características do filtro selecionado.

Tabela 8 - Filtro de ar externo

Modelo	Quantidade	Classe	Perda Inicial (Pa)	Perda Final (Pa)
F754	2	M5	100	300

Fonte: Trox Brasil (2020).

4.3.2.3 Perdas de carga no Insuflamento.

A velocidade mínima nos dutos de insuflamento deve ser de 6,5 m/s. A velocidade máxima deve ser estabelecida, considerando-se parâmetros de níveis de ruído, limitações de espaço e conservação de energia (ABNT, 2000). Foi usado o valor de 8,0 m/s para sistema de insuflamento.

As perdas de carga localizadas são calculadas através da equação 14, assim como na exaustão. Foram identificadas curvas 90°, mudanças de seção na ligação duto/ventilador e acessórios como filtros e grelhas. Os cálculos estão demonstrados

no anexo B. A tabela 9 demonstra os valores das perdas de cargas em cada acessório do sistema de insuflamento.

Tabela 9 - Perdas de carga localizadas no Insuflamento

	INS 1	INS 2
2 Curvas De 90° (Pa)	16,25	16,25
Transição retangular/retangular (Pa)	3,48	3,48
Filtros (Pa)	300	300
4 Grelhas (Pa)	36	36

Fonte: Autor (2020).

Para fabricação dos dutos será usado chapa de aço carbono número 16 MSG, assim como na exaustão, pela ótima vantagem de custo/benefício e soldabilidade do aço carbono em relação ao aço inoxidável.

A determinação da planilha de perdas segue o mesmo processo da exaustão. Usando as equações de 12 a 17. Assim chegamos nos dados da tabela 10 e layout geral (Figura 23), logo em seguida.

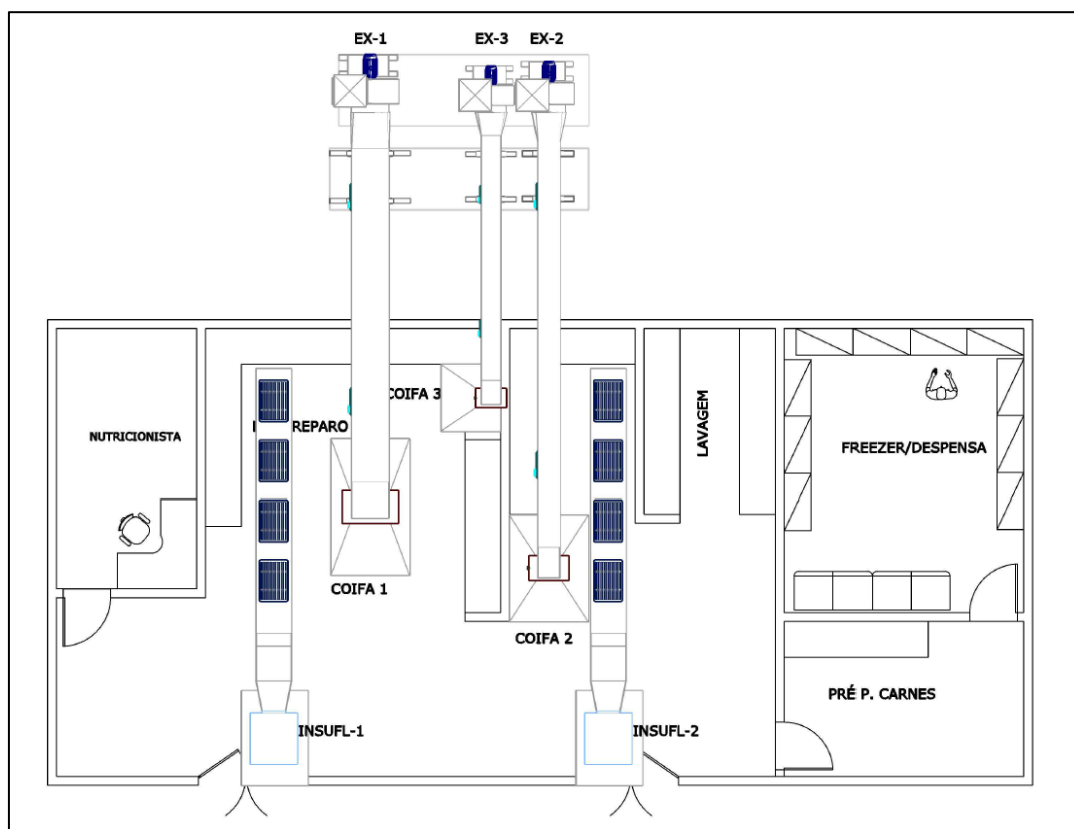
Tabela 10 - Perdas de carga do sistema de Exaustão

	INSUFLAMENTO1	INSUFLAMENTO2
Vazão (m³/h)	5746	5746
Velocidade máxima (m/s)	8,000	8,000
Área real do duto (m²)	0,20	0,20
Altura do duto(m)	0,35	0,35
Largura do duto(m)	0,58	0,58
Diâmetro do equivalente (m)	0,4887	0,4887
velocidade real (m)	7,863	7,863
Rugosidade relativa	0,000307	0,000307
Fator (a)	0,01539	0,01539
Fator (b)	2,5050	2,5050
Fator (c)	0,5480	0,5480
Reynolds	196033	196033
Fator de atrito	0,0185	0,0185
Comprimento nos trechos retilíneos (m)	7,8341	7,8341

Perda de carga nos dutos retos (Pa)	9,5858	9,5858
Coef. perdas localizadas	1,116	1,116
Perdas localizadas (Pa)	35,98	35,98
Perdas em acessórios (Pa)	336,00	336,00
Total da perda de carga (Pa)	381,57	381,57
Total da perda de carga (mmca)	38,9090	38,9090

Fonte: Autor (2020).

Figura 23 - Layout geral de Insuflamento e Exaustão



Fonte: Autor (2020).

4.3.2.4 Ventiladores no Insuflamento

Ventiladores centrífugos foram selecionados para o sistema de insuflamento, modelo TDA SR, sendo de dupla aspiração e rotor tipo Sirocco. Possuem pás curvadas para frente e construídos com chapas de aço galvanizado. Esses

ventiladores têm a vantagem de movimentar um grande volume de ar em baixa pressão, além de serem silenciosos.

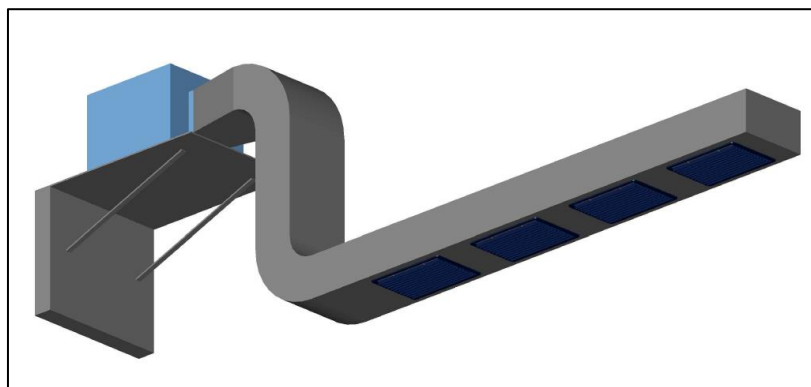
O Anexo C ilustra de forma detalhada, os valores obtidos com a simulação do programa da Soler e Palau. As configurações dos ventiladores selecionados são mostradas na tabela 11, assim como uma ilustração do sistema de insuflamento (Figura 24), a seguir.

Tabela 11 - Características dos ventiladores de insuflamento

Modelo	Quantidade	Velocidade de descarga (m/s)	Rotação (rpm)	Pressão Estática (mmca)	Rendimento (%)
TDA SR 12/12	2	12,05	1089	42,70	70,21

Fonte: Soler e Palau.

Figura 24 - Perspectiva isométrica do sistema de insuflamento



Fonte: Autor (2020).

5 CONCLUSÃO

Com o levantamento de informações (fotografias e manuscritos) sobre a cozinha industrial do Hospital do Parque Piauí (HPP), foram observados o funcionamento e os componentes do sistema de Ventilação Local Exaustora (VLE), juntamente com os equipamentos geradores de calor (dois fogões industriais e um forno) da cozinha.

Observou-se que não existe o atendimento à norma de ventilação para cozinhas profissionais, NBR 14518 (ABNT, 2000) em muitos aspectos construtivos do sistema de ventilação. Erros como, falta de filtros inerciais na coifa 1, ausência de coifa sobre o forno industrial, além de, coifas e dutos subdimensionados. Estas incorreções necessitaram de redimensionamento de um novo sistema de ventilação sobre os equipamentos de cocção, com o objetivo de adequação à norma.

Após o redimensionamento, o sistema de captação da ventilação local exaustora permitiu a captação de um volume de gases superior ao recomendado pela norma, de 70 renovações de ar por hora.

A revisão bibliográfica realizada possibilitou a comprovação da importância da ventilação industrial em suas possibilidades de configuração e instalação e da necessidade das trocas de ar nos ambientes de trabalho, em especial nas cozinhas industriais, onde a ausência ou ruim dimensionamento de projeto pode interferir diretamente no desempenho das atividades humanas e na realização de suas tarefas, e em consequência, afetando a capacidade produtiva da cozinha.

Portanto, conclui-se que o trabalho conseguiu alcançar os seus objetivos de analisar um projeto de sistema de ventilação, identificando suas irregularidades e cumprindo as devidas correções, com base na norma para cozinhas e toda a bibliografia envolvida. Tornado assim, o ambiente da cozinha mais confortável e salubre aos serviços de culinária.

REFERÊNCIAS

- ABNT, **Instalações Centrais de Ar Condicionado para Conforto** – NBR 6401: Rio de Janeiro, Brasil. 1978.
- ABNT – **Associação Brasileira de Normas Técnicas. Sistemas de Ventilação para Cozinhas Profissionais** – NBR 14518. 2000
- AEROVENT. **Sistema de Exaustão e Ventilação para Cozinha Profissional**. Disponível em:< <http://www.aerovent.com.br/>>. Acesso em: 20-08-2020.
- ASHRAE. **Fundamentals Handbook**. Atlanta: **American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers** - ASHRAE, v. 111, 2001.
- BAPTISTA, Filipe Maia. **Ventilação de Cozinhas Profissionais: (Ambiente Térmico e Qualidade do Ar)**. 2011. 86 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Coimbra, 2011.
- BITTENCOURT, L.; CANDIDO, C. **Ventilação Natural em Edificações**. Rio de Janeiro: Proceel Edifica, 2010.
- BORRÉ, Régis Leandro. **Sistema De Ventilação Em Ambiente Industrial**. 2013. 74 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Panambi, 2013.
- CAPMETAL. **Tecnologia de controle ambiental atmosférico**. Fonte:<http://www.capmetal.com.br/novo/_img/produtos/pdf/tricap.pdf>. Acesso em 01/10/2020
- CHAVEZ, E. L. **Ventilação industrial aplicada à engenharia de segurança do trabalho**. Apostila do Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho da Escola Pitágoras (Pós Graduação), 2012.
- CIADOSEXAUSTORES. Fonte:<<https://www.ciadosexhaustores.com.br/informacoes/sistema-ventilacao-cozinha-industrial>>. Acesso em 05/09/2020
- CLEZAR, C. A; NOGUEIRA, A. C. R. **Ventilação industrial**. 2º ed. Ed. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, 2009.

CUNHA, Alexandre Teixeira D'Ávila. **Concepção de um lavador de gases aplicado no tratamento de efluentes gasosos de churrasqueira** – Florianópolis, SC, 2016 107p. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/176123/TCC%20Alexandre%20Cunha.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em 13/09/2020.

FINCO, Difusores de ar. **Catalogo de Grelhas Lineares**. Disponível em: <<http://www.fincoind.com/listaproduto/download>>. Acesso em 01/10/2020.

GELESKI, André. **Dimensionamento de um sistema de ventilação local exaustora para fumos metálicos**. 2015. 37 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Faculdade Horizontina, Horizontina, 2015.

GONÇALVES, Diogo Felipe Pinto. **Projeto de Cozinhas Profissionais: Instalações Técnicas de Ventilação, Refrigeração e Definição de Layout**. 2012. 91 f. Relatório de estágio - Curso de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia de Coimbra.

HELLICKSON, M.A. & WALKER, J.M. **Ventilation of agricultural structures**. ASAS Technical Editor: James A. Basselmam, 362p. 1983. 362p. (ASAS Monograph, number 6)

HYGIENISTS (ACGIH). **Industrial Ventilation: A Manual of Recommended Practice**. 23. ed. Cincinnati: American Conference Of Governmental Industrial Hygienists Inc, 1998.

LEAL, Iara Maria Barros de Deus. **Análise e Dimensionamento do sistema de Ventilação da Cozinha do IFPI - Teresina Central** - 2018- 71 p.

LISBOA, H.M. **Controle da poluição atmosférica: ventilação industrial**. Apostila, capítulo VI. 2007. Disponível em: <http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TM120/CapVentilacaoIndustrial_GERAL.pdf> Acesso em: 24/08/2020.

MACINTYRE, Archibald Joseph. **Ventilação Industrial e Controle da Poluição**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ltc - Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1990. 403 p.

MALISKA, C. R. **Transferência de Calor e Mecânica dos Fluidos Computacional**. São Paulo: LTC, 1995.

MONTEIRO, V. 2009. **Ventilação na Restauração e Hotelaria**. Editora LIDEL, Portugal.

NETTO, J. M. D. A.; A. ALVAREZ, G. **Manual de Hidráulica**. São Paulo: Edgar Blucher, v. 1-2, 1977.

OLIVEIRA, A. **Estudo de caso: análise da eficácia de um sistema de ventilação local exaustora utilizado para controle da sílica em uma indústria de borracha do Estado de São Paulo**. 2016.141f. Dissertação (mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho. São Paulo -SP, 2016. Disponível em: <<http://fundacentro.gov.br/biblioteca/biblioteca-digital/acervodigital/detalhe/2016/6/estudo-de-caso-analise-da-eficacia-de-um-sistema-de-ventilacao-local-exaustora-utilizado>>. Acesso em: 15/07/2020.

OLIVEIRA, J. M. de. **Noções de Ventilação Industrial** (apostila). Disponível em:<http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TM120/VENTILACAO_INDUSTRIAL.pdf>. Acesso em: 29/08/2020.

QUEIROZ, S. 2010. **Tratado de toxicologia ocupacional**. São Paulo, Ed. Biblioteca 24x7, 498 p.

RENÉ PORFIRIO, Camponez do Brasil. **Utilização de exaustores eólicos no controle da temperatura e da ventilação em ambiente protegido**. René Porfirio Camponez Do Brasil. Piracicaba, 2004. 74 p.

SANTOS, V. A. D. **Manual Prático Da Manutenção Industrial**. São Paulo: Ícone Editora, 2010.

SOBRINHO, F.V. 1996. **Ventilação local exaustora em galvanoplastia**. São Paulo, Fundacentro, 50 p.

SILVA, Allan Jonas dos Santos. **Inspeção e dimensionamento de um sistema de ventilação em uma cozinha industrial** - Teresina Central - 2019. 66 p

STOECKER, W. F.; JONES, J. W. **Refrigeração e ar condicionado**. São Paulo: MakronBooks, 1985.

SZOKOLAY, S. V. **Introduction to Arhltectural Science: The Basis of Sustalnable Deslgn**. Elsevier: Architectural Press, London, 2004.

THOMAS E. CARTER. **Kitchen Ventilation Systems**. Delta Tech Systems, Incorporated, 1995,123 p.

TROXBRASIL. **Catalogo de Dampers Corta Fogo**. Disponível em:<http://www.troxbrasil.com.br/downloads/264da94f283bf620/c4_004.pdf?type=product_info>. Acesso em 01/10/2020.

TROXBRASIL. **Catalogo de Filtros**. Disponível em:<https://www.troxbrasil.com.br/downloads/415ede0eaa8fc915/Catalogo-Filtros-TROX_2020_V1.1.pdf?type=brochure>. Acesso em 05/10/2020.

TRICAP. **Coifa Lavadora Wash Pull**. Disponível em:< http://www.capmetal.com.br/novo/_img/produtos/pdf/tricap.pdf>. Acesso em 03/10/2020.

VALLE PEREIRA FILHO, H; MELO, C (1992). **Ventilação industrial. Apostila do curso de engenharia mecânica da UFSC**. Disponível em:<http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TM120/CapVentilacaoIndustrial_GERAL.pdf>. Acesso em 01/09/2020.

ZOMPERO, Eric Fernando Teixeira. **Produção industrial de refeições em cozinhas profissionais: um estudo dos equipamentos tradicionais e digitais sob o ponto de vista da ergonomia cognitiva**. São Paulo, 2014. 437 p.

APÊNDICE A - COEFICIENTE DE PERDA DE CARGA NOS ACESSÓRIOS.

a) Perda de carga em curvas

CR3-1 Elbow, Smooth Radius, Without Vanes											
C_p Values											
r/W	0.25	0.50	0.75	1.00	1.50	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	8.00
0.50	1.53	1.38	1.29	1.18	1.06	1.00	1.00	1.06	1.12	1.16	1.18
0.75	0.57	0.52	0.48	0.44	0.40	0.39	0.39	0.40	0.42	0.43	0.44
1.00	0.27	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18	0.18	0.19	0.20	0.21	0.21
1.50	0.22	0.20	0.19	0.17	0.15	0.14	0.14	0.15	0.16	0.17	0.17
2.00	0.20	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13	0.13	0.14	0.14	0.15	0.15
Angle Factor K											
θ	0	20	30	45	60	75	90	110	130	150	180
K	0.00	0.31	0.45	0.60	0.78	0.90	1.00	1.13	1.20	1.28	1.40

$C_o = KC_p$ where K = angle factor

b) Perda de carga em transição retangular/circular

ER4-3 Transition, Rectangular to Round, Exhaust/Return Systems											
C_o Values											
A_o/A_1	10	15	20	30	45	60	90	120	150	180	
0.06	0.30	0.54	0.53	0.65	0.77	0.88	0.95	0.98	0.98	0.93	
0.10	0.30	0.50	0.53	0.64	0.75	0.84	0.89	0.91	0.91	0.88	
0.25	0.25	0.36	0.45	0.52	0.58	0.62	0.64	0.64	0.64	0.64	
0.50	0.15	0.21	0.25	0.30	0.33	0.33	0.33	0.32	0.31	0.30	
1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
2.00	0.24	0.28	0.26	0.20	0.22	0.24	0.49	0.73	0.97	1.04	
4.00	0.89	0.78	0.79	0.70	0.88	1.12	2.72	4.33	5.62	6.58	
6.00	1.89	1.67	1.59	1.49	1.98	2.52	6.51	10.14	13.05	15.14	
10.00	5.09	5.32	5.15	5.05	6.50	8.05	19.06	29.07	37.08	43.05	

$A_o/A_1 < \text{or} > 1$
 θ is larger of θ_1 and θ_2

c) Perda de carga em transição retangular/ retangular

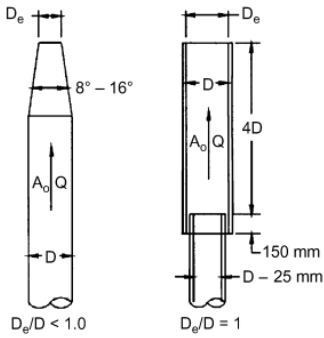
SR4-1 Transition, Rectangular, Two Sides Parallel, Symmetrical, Supply Air Systems											
C_o Values											
A_o/A_1	10	15	20	30	45	60	90	120	150	180	
0.10	0.05	0.05	0.05	0.05	0.07	0.08	0.19	0.29	0.37	0.43	
0.17	0.05	0.04	0.04	0.04	0.05	0.07	0.18	0.28	0.36	0.42	
0.25	0.05	0.04	0.04	0.04	0.06	0.07	0.17	0.27	0.35	0.41	
0.50	0.06	0.05	0.05	0.05	0.06	0.07	0.14	0.20	0.26	0.27	
1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	
2.00	0.56	0.52	0.60	0.96	1.40	1.48	1.52	1.48	1.44	1.40	
4.00	2.72	3.04	3.52	6.72	9.60	10.88	11.20	11.04	10.72	10.56	
10.00	24.00	26.00	36.00	53.00	69.00	82.00	93.00	93.00	92.00	91.00	
16.00	66.56	69.12	102.40	143.36	181.76	220.16	256.00	253.44	250.88	250.88	

$A_1/A_1 < \text{or} > 1$

d) Perda de carga nos terminais de descarga.

SD2-6 Stackhead

D_e/D	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
C_o	129	41.02	16.80	8.10	4.37	2.56	1.60	1.00



ANEXO A – VAZÕES DAS COIFAS.

COIFA 1

Uma coifa em ilha ou central deverá estar sobre um fogão industrial de 8 bocas. As dimensões do fogão são $L=1,95$ m, $b=1,00$ m e $h=0,80$ m. De acordo com a NBR 14518 ABNT (2000), devemos acrescentar 15 cm nas dimensões do plano horizontal, além de manter uma distância vertical, entre equipamentos de 0,90m a 1,20m. Sendo escolhido $H=1,00$ m.

Logo, para a coifa 1, teremos as dimensões: $L=2,25$ m, $b=1,30$ m e $H=1,00$ m.

$$qv_1 = v_1 \times A_1 \quad , \quad A_1 = L \times b \quad v_1 = 0,64\text{m/s}$$

$$qv_1 = v_1 \times L \times b$$

$$qv_1 = 0,64 \cdot 2,25 \cdot 1,30 = 1,872 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$qv_1 = 6739,2 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$qv_2 = v_2 \times A_2 \quad , \quad A_2 = P \times h \quad , \quad P = 2(b + L) \quad v_2 = 0,25\text{m/s}$$

$$qv_2 = v_2 [2(b + L)] \cdot h$$

$$qv_2 = 0,25 \cdot [2(2,25 + 1,30)] \cdot 1 = 1,775 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$qv_2 = 6390 \text{ m}^3/\text{h}$$

Para a coifa deve-se escolher o maior valor de vazão, logo:

$$qv_1 = 6739,2 \text{ m}^3/\text{h}$$

COIFA 2

Uma coifa com um lado longitudinal fechado deverá estar sobre um fogão industrial de 6 bocas. As dimensões do fogão são $L=1,50$ m, $b=1,00$ m e $h=0,80$ m. De acordo com a NBR 14518 ABNT (2000), devemos acrescentar 15 cm nas dimensões do plano horizontal, além de manter uma distância vertical, entre equipamentos de 0,90m a 1,20m. Sendo escolhido: $H=1,00$ m.

Logo, para a coifa 1, teremos as dimensões: $L=1,80$ m, $b=1,30$ m e $H=1,00$ m.

$$qv_1 = v_1 \times A_1 \quad , \quad A_1 = L \times b \quad v_1 = 0,40\text{m/s}$$

$$qv_1 = v_1 \times L \times b$$

$$qv_1 = 0,40 \cdot 1,80 \cdot 1,30 = 0,936 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$qv_1 = 3369,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$qv_2 = v_2 \times A_2 \quad , \quad A_2 = P \times h \quad , \quad P = 2b + L \quad v_2 = 0,25\text{m/s}$$

$$qv_2 = v_2(2b + L) \cdot h$$

$$qv_2 = 0,25 \cdot (2 \cdot 1,3 + 1,8) \cdot 1 = 1,1 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$qv_2 = 3960 \text{ m}^3/\text{h}$$

Para a coifa deve-se escolher o maior valor de vazão, logo:

$$\mathbf{qv_2 = 3960 \text{ m}^3/\text{h}}$$

COIFA 3

Uma coifa para forno deverá estar sobre o forno industrial. As dimensões do forno são $L=0,92$ m, $b=0,88$ m e $h=1,65$ m. De acordo com a NBR 14518 ABNT (2000), devemos acrescentar 30 cm na dimensão longitudinal, além de manter uma distância vertical máxima entre equipamentos de 0,15m.

Logo, para a coifa 3, teremos as dimensões: $L=1,15$ m, $b=1,00$ m e $H=0,15$ m.

$$qv_1 = v_1 \times A_1 \quad , \quad A_1 = L \times b \quad v_1 = 0,50 \text{ m/s}$$

$$qv_1 = v_1 \times L \times b$$

$$qv_1 = 0,50 \cdot 1,15 \cdot 1,00 = 0,575 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$qv_1 = 2070 \text{ m}^3/\text{h}$$

Para a coifa deve-se escolher o maior valor de vazão, logo:

$$\mathbf{qv_1 = 2070 \text{ m}^3/\text{h}}$$

ANEXO B – CÁLCULO DE PERDAS LOCALIZADAS.

SISTEMA DE EXAUSTÃO

a) Perdas de carga nos cotovelos de 90°

	1	2	3
H(m)	0,35	0,30	0,20
R(m)	0,41	0,36	0,29
W(m)	0,60	0,42	0,33
H/W	0,58	0,71	0,61
R/W	0,68	0,86	0,88
C (m/s)	8,91	8,73	8,71
Cp(m)	0,766	0,370	0,380
ΔP(Pa)	31,76	14,71	15,03

b) Perdas de carga nas transições retangular/circular

	1	2	3
H(m)	0,35	0,30	0,20
W(m)	0,60	0,42	0,33
D	0,45	0,355	0,28
θ(°)	9	8	10
A0	0,21	0,13	0,07
A1	0,16	0,10	0,06
A0/A1	1,3204	1,2730	1,0719
C (m/s)	8,91	8,73	8,71
Cp(m)	0,0769	0,0655	0,0172
ΔP(Pa)	3,19	2,60	0,68

c) Perdas de carga nos terminais de descarga

	1	2	3
De	0,47	0,41	0,38
D	0,43	0,38	0,35
C (m/s)	8,91	8,73	8,71
Cp(m)	1	1	1
ΔP(Pa)	41,44	39,75	39,58

SISTEMA DE INSUFLAMENTO

a) Perdas de carga nos cotovelos de 90°

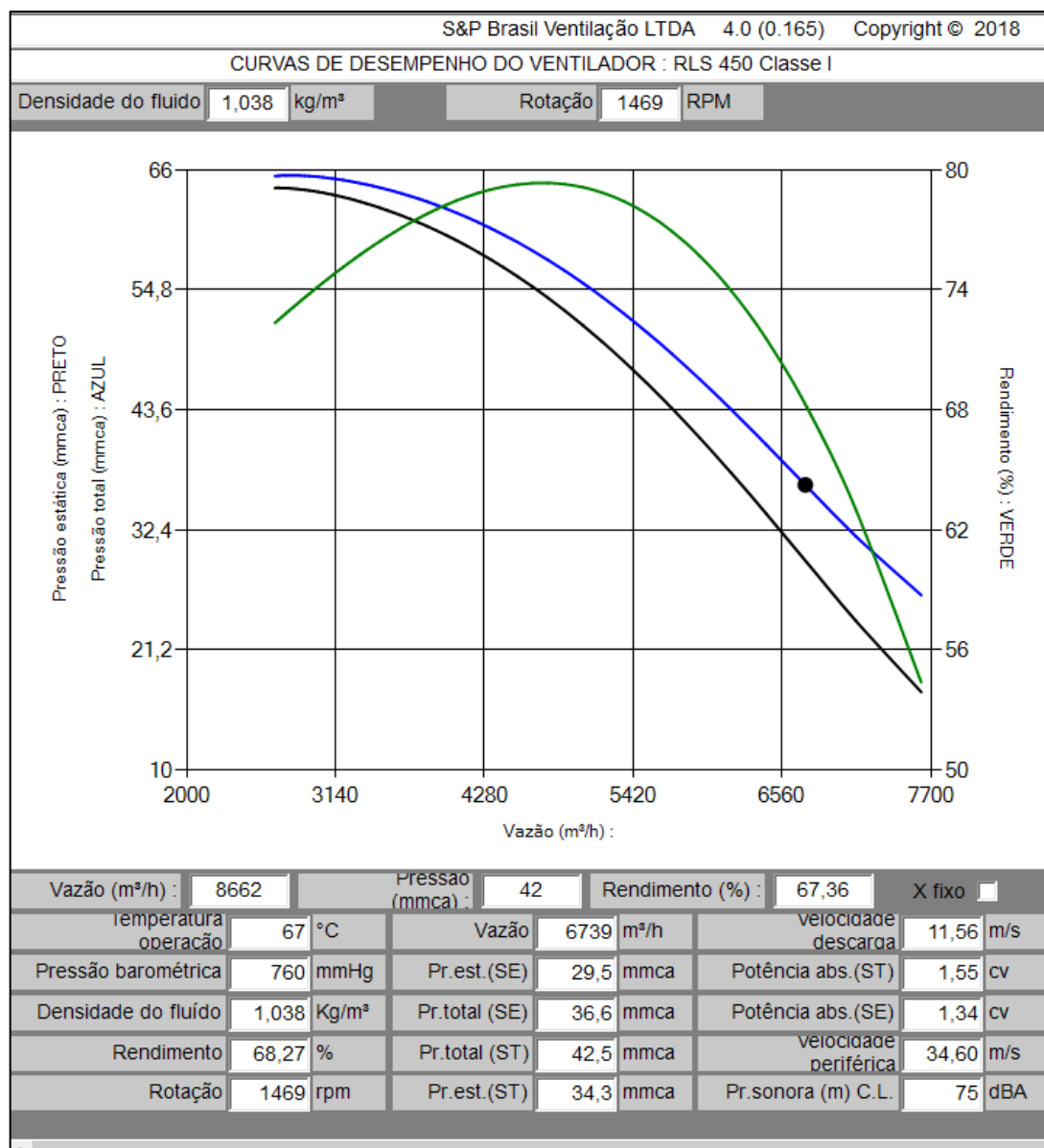
	1	2
H(m)	0,35	0,35
R(m)	0,40	0,40
W(m)	0,58	0,58
H/W	0,60	0,60
R/W	0,69	0,69
C (m/s)	7,86	7,86
Cp(m)	0,504	0,504
ΔP(m)	16,25	16,25

b) Perdas de carga nas transições retangular/circular

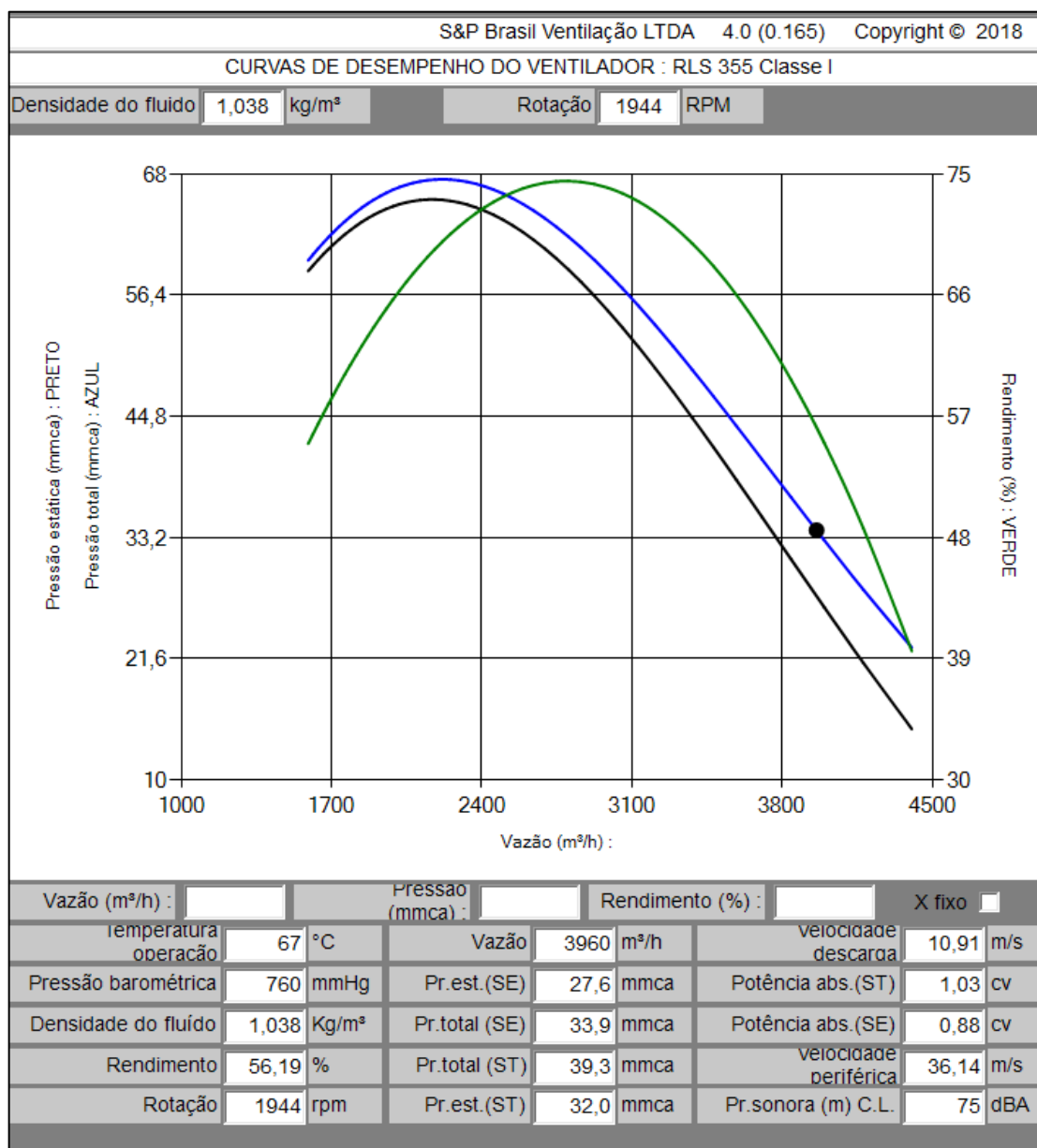
	1	2
H(m)	0,35	0,35
W(m)	0,58	0,58
So	0,341	0,305
Po	0,386	0,386
$\theta(^{\circ})$	31	31
A0	0,20	0,20
A1	0,13	0,07
A0/A1	1,5422	2,7785
C (m/s)	7,86	7,86
Cp(m)	0,1080	0,1080
ΔP(Pa)	3,48	3,48

ANEXO C - CURVAS DO VENTILADORES DA OTAM PARA A VLE.

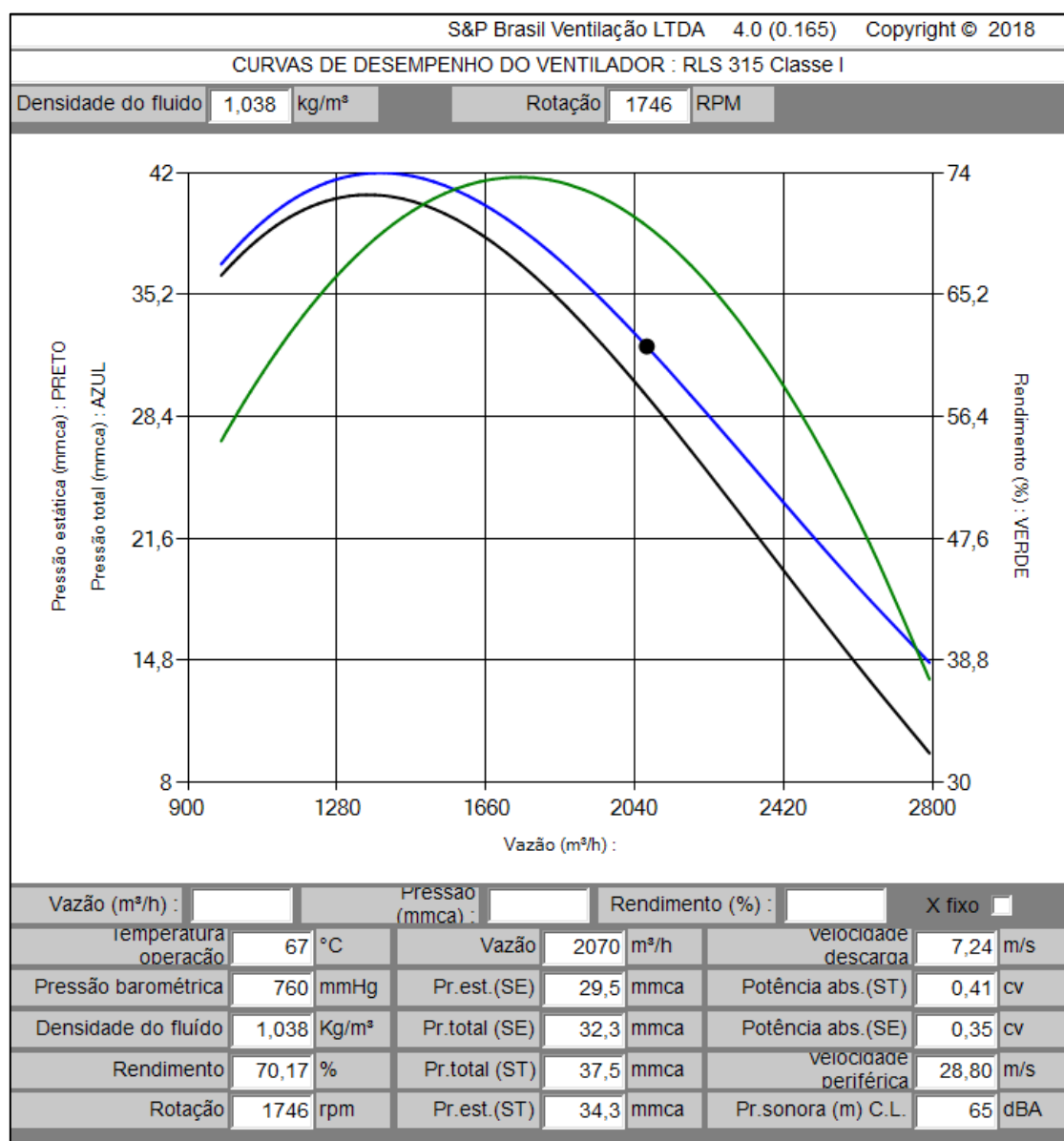
Ventilador de exaustão 1



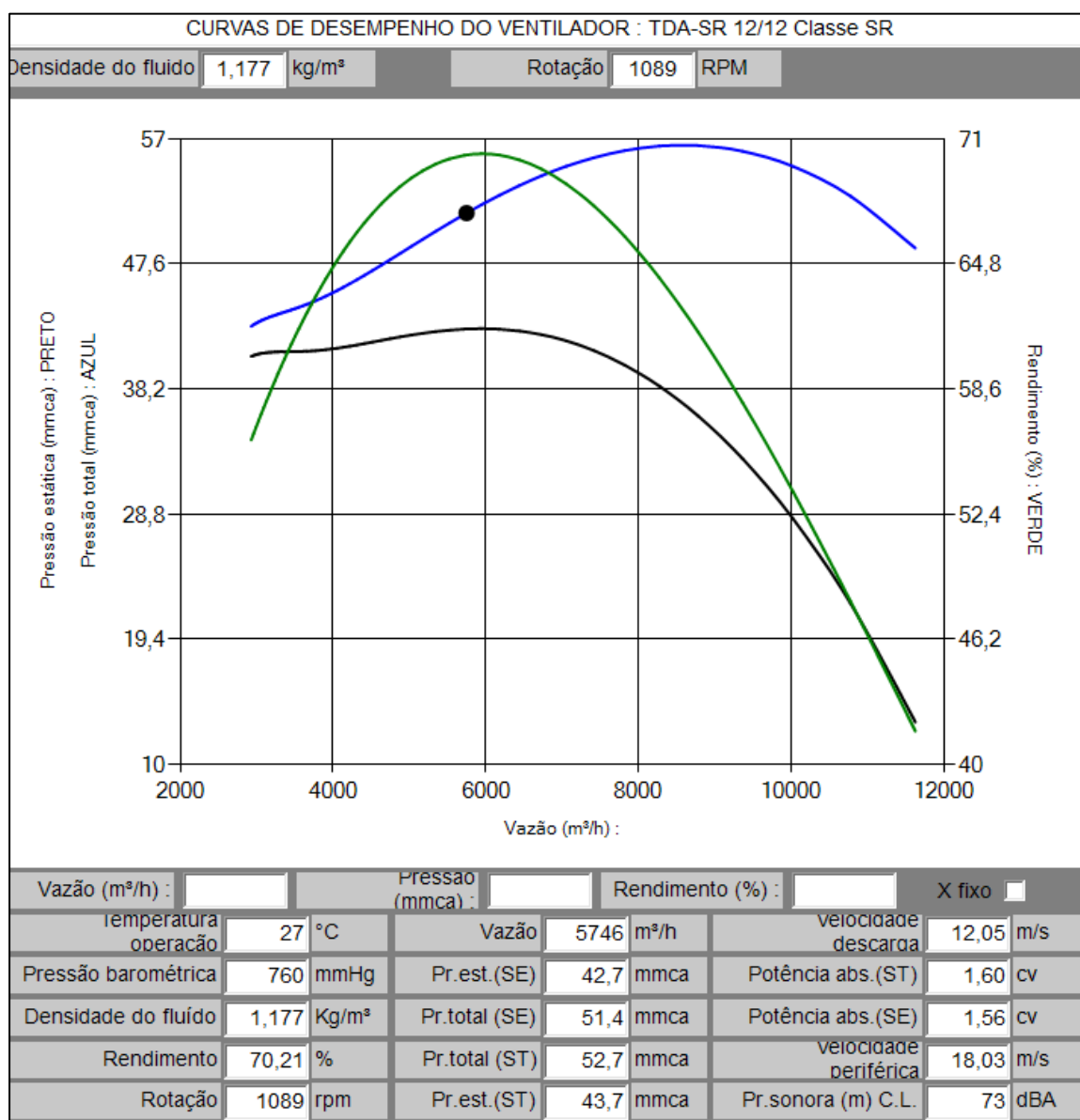
Ventilador de exaustão 2

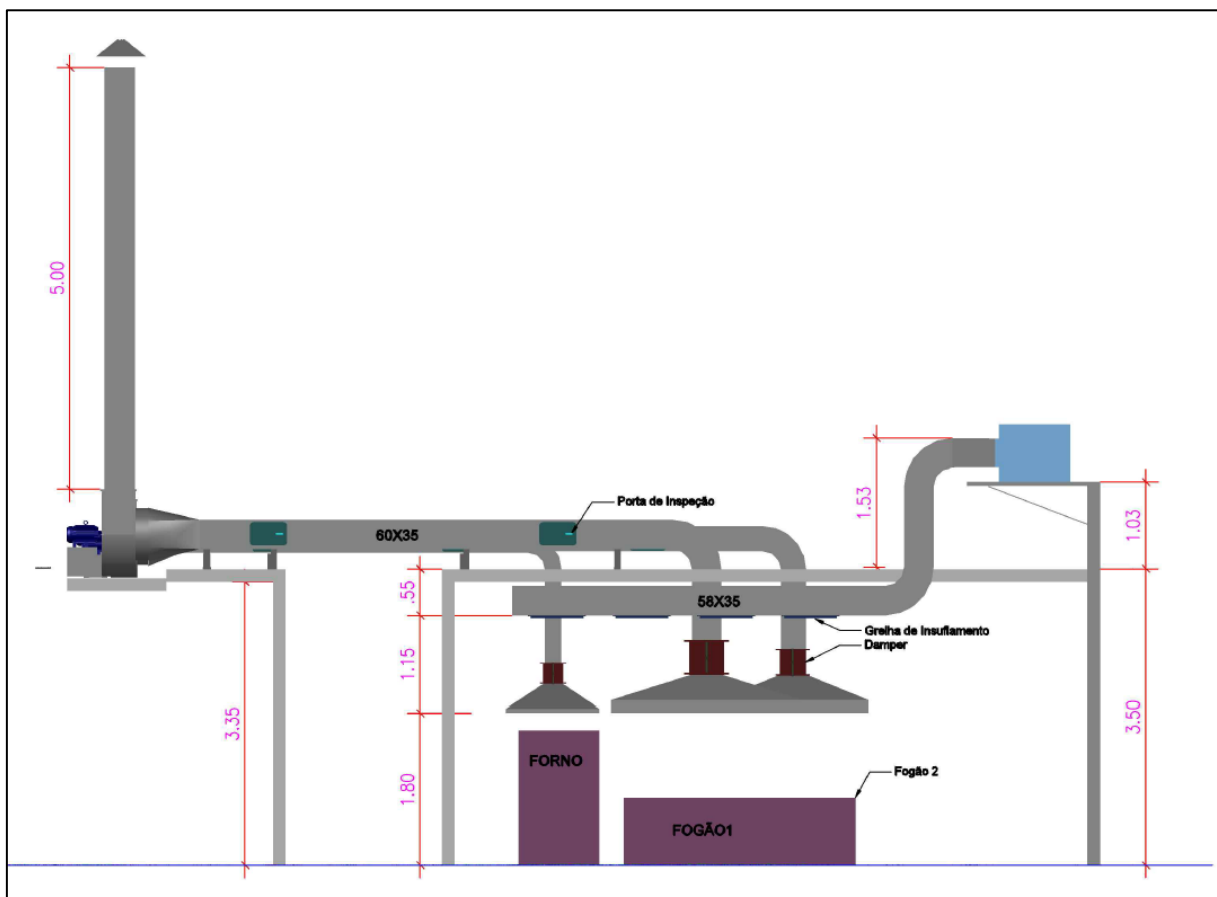


Ventilador de exaustão 3



Ventilador do sistema de insuflamento



ANEXO D – DESENHOS DOS SISTEMAS DE EXAUSTÃO E INSUFLAMENTO**VISÃO LATERAL**

VISTA SUPERIOR

