

CENTRO UNIVERSITÁRIO FUNDAÇÃO ASSIS GURGACZ – FAG

GUSTAVO MARIOTTI

PROJETO DE EXAUSTÃO DE UMA COZINHA PROFISSIONAL

**CASCADEL – PR
2020**

**CENTRO UNIVERSITÁRIO FUNDAÇÃO ASSIS GURGACZ – FAG
GUSTAVO MARIOTTI**

PROJETO DE EXAUSTÃO DE UMA COZINHA PROFISSIONAL

Trabalho apresentado à disciplina TCC – Projeto Final, como requisito parcial para obtenção da aprovação semestral no Curso de Engenharia Mecânica pelo Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz.

Professor Orientador: Rogério Luiz Ludegero

**CASCADEL
2020**

CENTRO UNIVERSITARIO FUNDAÇÃO ASSIS GURGACZ

GUSTAVO MARIOTTI

PROJETO DE EXAUSTÃO DE UMA COZINHA PROFISSIONAL

Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, sob orientação do Professor Rogério Luiz Ludegero.

BANCA EXAMINADORA

Orientador Prof Esp Rogério Luiz Ludegero
Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz
Engenheiro Mecânico

Professor M.e MBA Sergio Henrique Rodrigues Mota
Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz
Engenheiro Mecânico

Professor M.e Carlos Alberto Breda
Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz
Engenheiro Mecânico

Cascavel, 01 de Junho de 2020

RESUMO

Os processos de cocção, atividades realizadas em cozinhas profissionais, são responsáveis por uma considerável emissão de gases, vapores, gorduras e calor, que tem um grande potencial prejudicial ao desempenho no local de trabalho, assim como à saúde, o conforto, o bem-estar e a segurança dos ocupantes da cozinha, de forma que a retirada, de maneira adequada destas emissões do ambiente interno, assim como a substituição do ar removido se torna imprescindível em cozinhas profissionais. O meio pelo qual se realiza essa tarefa é através de um sistema de renovação de ar por ventilação local exaustora e por elementos de compensação de ar exaurido. Este trabalho se presta ao dimensionamento de um sistema de renovação de ar para uma cozinha profissional de uma pizzaria localizada no município de Cascavel – PR, partindo da determinação da disposição e das dimensões dos equipamentos de cocção presentes nesta cozinha, assim como as dimensões da própria cozinha, seguindo as orientações da ABNT NBR 14518 (2019), foram dimensionados os captadores para tais equipamentos, determinando dimensões e vazões individuais e do ambiente como um todo, foram mensurados os dutos, de seção retangular, prevendo a utilização de acessórios foram calculadas as perdas de carga, seguindo orientação da literatura, apontando o uso de elementos de prevenção e proteção contra incêndios, e seleção de ventilador que atenda às necessidades do sistema, tendo adotado o uso de um exaustor de simples aspiração, com rotor Limit Load, com pás retas inclinadas para trás, fornecendo uma vazão de 13400 m³/h a 69 mmCA, para a compensação de ar exaurido foi adotado um sistema de ventilação forçada, com a utilização de 8 difusores de ar de teto, sistemas de dutos retangulares e acessórios, além de um gabinete de ventilação com capacidade de repor os 13400 m³/h de ar removidos da cozinha, vencendo uma pressão de 27 mmCA, imposta pelo sistema. Portando observa-se a viabilidade de desenvolver um sistema capaz de promover a qualidade do ambiente de trabalho, assim como o conforto térmico, a saúde e a segurança dos ocupantes do ambiente, seguindo as orientações e recomendações das normas vigentes e bibliografias relacionadas.

Palavras-chave: Qualidade do ar Interno, Cozinha profissional, Ventilação local exaustora.

ABSTRACT

The cooking processes, activities performed in professional kitchens, are responsible for a considerable emission of gases, vapors, fats and heat, which has a great potential to harm performance in the workplace, as well as health, comfort, well-being and the safety of the kitchen occupants, that is way the removal of these emissions from the internal environment, as well as the replacement of the removed air, becomes essential in professional kitchens. The ways this task is carried out is through an air renewal system using local exhaust ventilation and exhaust air compensation elements. This work lends itself to the dimensioning of an air renewal system for a professional kitchen in a pizzeria located in the municipality of Cascavel - PR, based on the determination of the layout and dimensions of the cooking equipment present in this kitchen, as well as the dimensions of the kitchen itself, following the guidelines of ABNT NBR 14518 (2019), the cooker hood for such equipment were dimensioned, determining individual dimensions and flow rates and the environment as a whole, the ducts, of rectangular section, were measured and the load losses were calculated considering accessories, following the guidance of the literature, pointing out the use of fire prevention and protection elements, and selecting a fan that meets the needs of the system, having adopted the use of a simple suction hood, with Limit Load rotor, with blades straight slopes backwards, providing a flow of 13400 m³ / h to 69 mmCA, for exhaust air compensation a forced ventilation system was adopted, using 8 ceiling air diffusers, rectangular duct systems and accessories, as well as a ventilation cabinet with the capacity to replace the 13400 m³ / h of air removed from the kitchen, overcoming a pressure of 27 mmCA, imposed by the system. Therefore, the feasibility of developing a system capable of promoting the quality of the working environment, as well as thermal comfort, health and safety of occupants of the environment, is observed, following the guidelines and recommendations of the current rules and related bibliographies.

Keywords: Indoor air quality, Professional kitchen, Local exhaust ventilation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Dados práticos para a construção de coifas	17
Figura 2: Coifa de ilha (continua)	18
Figura 2: Coifa de ilha	19
Figura 3: Coifa com um lado fechado.....	21
Figura 4: Coifa com aspiração frontal.....	23
Figura 5: Filtro inercial.....	24
Figura 6: Tipos de terminais de descarga	26
Figura 7: Exaustor centrífugo de simples aspiração.....	32
Figura 8: Ventilador helicoidal	32
Figura 9: tipos de rotor	33
Figura 10: Carta psicrométrica	38
Figura 11: Diagrama de Moody	40
Figura 12: Layout da cozinha	41
Figura 13: Fogão Industrial 4 Bocas.....	41
Figura 14: Forno Contínuo de Esteira	42
Figura 15: Difusor quadrado ADLQ	53
Figura 16: Tabela de seleção de exaustores Projelmec.....	57
Figura 17: Tabela de seleção de gabinetes de ventilação BerlinerLuft	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Vazão de exaustão por metro linear de coifa de ilha	20
Tabela 2: Vazão de exaustão por metro linear de coifa com lados fechados	21
Tabela 3: Vazão de exaustão por metro linear de coifa de aspiração frontal	22
Tabela 4: Classificação de efluentes dos equipamentos de cocção	28
Tabela 5: Requisitos básicos dos sistemas de exaustão.....	28
Tabela 6: Equivalentes circulares de dutos retangulares para mesma perda de carga e vazão.....	31
Tabela 7: Propriedades do ar à pressão atmosférica	36
Tabela 8: Coeficientes de perda de carga localizada	40
Tabela 9: Dados climáticos e de escoamento	42
Tabela 10: Dados obtidos para seção transversal, velocidade e perda de carga na rede de dutos do sistema de exaustão.....	54
Tabela 11: Dados obtidos para seção transversal, velocidade e perda de carga na rede de dutos do sistema de insuflamento	56

LISTA DE SIGLAS

A – Área (m^2);
ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas;
ASHRAE – Sociedade Americana de Aquecimento, Refrigeração e Condicionamento de Ar (Inglês);
C – Coeficiente de perda de carga localizada na seção do duto (adimensional);
D – Diâmetro (m);
De – Diâmetro da circunferência equivalente (m);
D_h – Diâmetro hidráulico do duto (m);
F – Fator de perda de carga por atrito (adimensional);
H – altura (m);
h – Entalpia (kJ/kg);
L – Comprimento (m);
NBR – Norma Brasileira;
Q – Vazão de ar no duto (m^3/s);
q_v – Vazão de ar aspirado pela coifa (m^3/s ou m^3/h);
Re – Numero de Reynolds (adimensional);
SBS – Síndrome do Edifício Doente (Inglês);
T – Temperatura ($^{\circ}C$);
TBS – Temperatura de bulbo seco ($^{\circ}C$);
TBU – Temperatura de bulbo úmido ($^{\circ}C$);
TBUc – Temperatura de bulbo úmido coincidente ($^{\circ}C$);
UE – Umidade específica (kg de umidade/kg de ar seco);
UR – Umidade relativa (%);
V – Velocidade (m/s);
Vo – Volume (m^3);
VE – Volume específico (m^3 de mistura/kg de ar seco);
 ϵ – Rugosidade absoluta do material do duto (adimensional);
 Δp – Perda de carga (Pa ou mmCA);
 Δp_t – Perda de carga total (Pa ou mmCA);
 μ – Viscosidade dinâmica ou absoluta ($N \cdot s/m^2$);
 ρ – Massa específica (kg/m^3);
v – Viscosidade cinemática (m^2/s);

LISTA DE EQUAÇÕES

EQUAÇÃO 1:	17
EQUAÇÃO 2:	30
EQUAÇÃO 3:	30
EQUAÇÃO 4:	31
EQUAÇÃO 5:	37
EQUAÇÃO 6: Equação de Darcy-Weisbach	38
EQUAÇÃO 7:	39
EQUAÇÃO 8:	48
EQUAÇÃO 9:	48
EQUAÇÃO 10:	49
EQUAÇÃO 11:	49
EQUAÇÃO 12:	49
EQUAÇÃO 13:	52
EQUAÇÃO 14:	52
EQUAÇÃO 15:	52

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1 ASSUNTO / TEMA	11
1.2 JUSTIFICATIVA	11
1.3 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA	13
1.4 FORMULAÇÃO DAS HIPÓTESES	13
1.5 OBJETIVOS DA PESQUISA	13
1.5.1 Objetivo Geral	13
1.5.2 Objetivos Específicos	13
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1 QUALIDADE DO AR INTERNO	14
2.2 COZINHA PROFISSIONAL	15
2.3 VENTILAÇÃO LOCAL EXAUSTORA	16
2.3.1 Captores	16
2.3.2 Dispositivos e equipamentos para tratamento do ar exaurido	23
2.3.3 Sistema de compensação de ar exaurido	24
2.3.4 Acessórios	25
2.3.5 Elementos de prevenção e proteção contra incêndio	26
2.3.6 Dutos	29
2.3.7 Ventiladores	31
2.3.7.1 Motores Elétricos	34
2.4 ESCOAMENTO DE AR ATRAVÉS DOS DUTOS	35
2.4.1 Viscosidade	35
2.4.2 escoamento laminar e turbulento	36
2.4.3 Psicrometria	37
2.4.4 Determinação das perdas de carga	38
3. METODOLOGIA	40
3.1 CONDIÇÕES CLIMÁTICAS	42
3.2 CAPTORES	43
3.2.1 Captor do Fogão	43
3.2.2 Captor do forno	43
3.3 SISTEMA DE COMPENSAÇÃO DE AR EXAURIDO	44
3.4 REDE DE DUTOS E ACESSÓRIOS	44
3.4.1 Cálculo da perda de carga	45
3.4.2 Acessórios	46
3.5 VENTILADORES	47
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	48
4.1 COIFAS	48
4.1.1 Coifa do forno	48
4.1.2 Coifa do fogão	50
4.1.3 Vazão total	51
4.2 SISTEMA DE COMPENSAÇÃO DE AR EXAURIDO	52
4.3 REDE DE DUTOS E ACESSÓRIOS	53
4.3.1 Dutos de Exaustão	53
4.3.2 Dutos de Insuflamento	54
4.4 VENTILADORES	57
4.4.1 Ventilador do Sistema de Exaustão	57
4.4.2 Ventilador de Insuflamento	58

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	60
REFERÊNCIAS.....	61
ANEXO A: PROJETO DE RENOVAÇÃO DE AR DA COZINHA PROFISSIONAL DE UMA PIZZARIA.....	63
ANEXO B: SOMATÓRIO DOS COEFICIENTES DE PERDA DE CARGA LOCALIZADA PARA CADA SETOR DA REDE DE DUTOS.....	64

1. INTRODUÇÃO

A necessidade de melhorar a qualidade do ar em ambientes fechados já é amplamente reconhecida, diversas normas nacionais abordam esse tema, como a ABNT NBR 16401-2 (2008) que trata de conforto térmico, a ABNT NBR 16401-3 (2008) fala sobre a qualidade do ar interior e a ABNT NBR 14518 (2019) versa sobre a renovação de ar de cozinhas profissionais, existem ainda normas internacionais e diversos autores que orientam quanto ao desenvolvimento de sistemas voltados para a substituição do ar interior por ar proveniente do ambiente externo.

A concentração de poluentes em ambientes fechados tende a se elevar, até mesmo por ação do metabolismo humano, mas também por micro-organismos e materiais de construção, afirmam Carmo e Prado (1999), em cozinhas profissionais esta situação é agravada pela emissão dos efluentes dos processos de cocção, acrescenta a ABNT NBR 14518 (2019), razão pela qual, neste trabalho, é elaborado o projeto de um sistema de renovação de ar da cozinha profissional de uma pizzaria, que deve remover os efluentes poluidores da cozinha, através da substituição do ar em seu interior, por ar do meio exterior, buscando melhorar a qualidade do ambiente de trabalho, no que diz respeito a saúde, segurança e conforto.

1.1 ASSUNTO / TEMA

Este trabalho trata da substituição do ar saturado, aquecido e eventualmente contaminado de uma cozinha profissional, por ar fresco.

O tema abordará sobre o dimensionamento de um sistema de renovação de ar para a cozinha profissional, capaz de dissipar calor, gases, particulados e potenciais contaminações no seu interior.

1.2 JUSTIFICATIVA

A ABNT NBR 14518 (2019) afirma que toda instalação que tem por finalidade o preparo de refeições como atividade econômica e que, portanto, não seja residencial unifamiliar, é uma cozinha profissional.

Para Carmo e Prado (1999) toda edificação fechada tem o potencial de prejudicar a saúde e o rendimento do trabalho de seus usuários, devido aos diversos poluentes produzidos por alguns tipos de materiais de construção, mofo, bolor e o próprio metabolismo humano. Porém em uma cozinha profissional essa situação é agravada pela emissão de calor, vapores com ou sem gordura e materiais particulados, proveniente dos equipamentos, tais como fogões, fritadeiras, chapas, fornos, máquinas de lavar louças e etc. (ABNT NBR 14518, 2019, p. 8).

A ABNT NBR 14518 (2019) acrescenta que a análise química dos efluentes típicos de sistemas de exaustão de cozinhas profissionais registra a presença de partículas de hidrocarbonetos dispersos e aerotransportados em partículas de óleos e gorduras de origem vegetal e animal, críticos em processos de cocção e com atividade cancerígena comprovada.

Leal (2018) aponta o crescimento de exigências das leis e regulamentações brasileiras quanto ao conforto térmico e a qualidade do ar em ambientes de trabalho, buscando assegurar a saúde, segurança e qualidade de vida dos trabalhadores.

De fato, o Ministério do Trabalho e Emprego, através de sua Norma Regulamentadora número 15 (NR 15) (2011), que trata de atividades e operações insalubres, estabelece em seus anexos n.º 03 e n.º 11 respectivamente, limites de tolerância para exposição ao calor e agentes químicos cuja insalubridade é caracterizada por limite de tolerância e inspeção no local de trabalho, determinando graus de insalubridade para atividades desenvolvidas fora dos padrões de conforto térmico e qualidade do ar.

Outro aspecto importante que deve-se levar em consideração é a prevenção de incêndios, para a ABNT NBR 14518 (2019) cozinhas profissionais apresentam um risco de incêndio elevado, devido a presença de diversos elementos inflamáveis, desprendimento de vapores, calor, gases de combustão e substâncias com propriedades aderentes e combustíveis, associado ao potencial de ignição dos equipamentos de cocção.

Em sintonia com o que já foi exposto, a ABNT NBR 14518 (2019) indica que as emissões das cozinhas profissionais devem ser captadas continuamente e diretamente na fonte, enquanto sua geração perdurar, apontando os parâmetros necessários para atender à remoção das emissões e, portanto, a renovação do ar destes ambientes, assim como as características do sistema de ventilação destinado a esta função.

Observa-se, portanto a evidente necessidade e importância de desenvolver sistemas de renovação de ar e exaustão de cozinhas profissionais, para garantir a saúde e a qualidade de vida dos indivíduos que trabalham nesse fazem dessa atividade o seu trabalho.

1.3 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

- Como substituir o ar saturado, aquecido e potencialmente contaminado de uma cozinha profissional?

1.4 FORMULAÇÃO DAS HIPÓTESES

H_0 – É possível substituir o ar saturado da cozinha por ar limpo, proveniente do ambiente externo;

H_1 – Não é possível substituir o ar saturado da cozinha por ar limpo, proveniente do ambiente externo.

1.5 OBJETIVOS DA PESQUISA

1.5.1 Objetivo Geral

Dimensionar o sistema de renovação de ar de uma cozinha profissional, de forma a garantir a substituição do ar aquecido, vapores, gases substâncias com propriedades combustíveis, resultantes do processo de cocção dos alimentos por ar fresco, proveniente do ambiente externo.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Mensurar as coifas;
- Calcular o número de renovações no ambiente;

- Determinar o tipo, a quantidade e a vazão dos difusores de ar de compensação;
- Dimensionar os dutos, o exaustor e o ventilador de compensação de ar;
- Viabilizar a boa qualidade do ar, seguindo as orientações das normas relacionadas.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 QUALIDADE DO AR INTERNO

A ABNT NBR 16401-3 (2008) estabelece que para que a qualidade do ar interior seja considerada aceitável, este não pode conter poluentes em concentração prejudicial à saúde ou ao bem-estar e deve ser percebido como satisfatório por pelo menos 80% dos ocupantes do recinto.

Segundo Carmo e Prado (1999), dentro de um edifício são produzidos diversos tipos de poluentes prejudiciais à saúde e ao rendimento do trabalho de seus ocupantes, seja por materiais de construção, ou materiais de limpeza, mofo, bolor, metabolismo humano, ou mesmo pelas próprias atividades humanas, como cozinhar ou lavar e secar roupas.

A expressão “edifício doente” é atribuída a edifícios com má qualidade do ar em seus interiores, assim como a síndrome do edifício doente ou “Sick Building Syndrome” (SBS) do inglês é observada em indivíduos que apresentam estado doentio transitório, apenas quando ocupam edifícios com má qualidade do ar interior (CARMO e PRADO, 1999, p. 3).

A ABNT NBR 14518 (2019) estipula como critério mínimo para qualidade do ar em cozinhas profissionais, quando não se conhece a operação futura do local uma taxa de renovação de ar de 60 vezes por hora, ou seja, a cada minuto que se passa todo o ar que ocupa o ambiente deverá ser substituído por ar limpo, proveniente do ambiente externo. Quando a operação futura é conhecida a norma estabelece critérios para determinação da vazão, que serão abordados no desenvolvimento deste trabalho.

2.2 COZINHA PROFISSIONAL

A ABNT NBR 14518 (2019) define cozinha profissional como uma “Instalação dotada de equipamentos e dispositivos com a finalidade de preparo de refeições coletivas, utilizada pela razão social responsável por esta atividade econômica”.

“A instalação pode estar localizada em um único compartimento ou em compartimentos adjacentes, situados no mesmo piso ou em pisos distintos. Abrange toda cozinha que não seja residencial unifamiliar” (ABNT NBR 14518, 2019, p. 4).

Nas cozinhas profissionais, equipamentos como fogões, fritadeiras, chapas, caldeirões, fornos, máquinas de lavar louças e etc, são emissores de calor, vapores com ou sem gordura e material particulado que devem ser captados localmente, de forma contínua enquanto durar a sua geração (ABNT NBR 14518, 2019, p. 8).

Baptista (2011) aponta para as fortes emissões de partículas prejudiciais à saúde dos ocupantes da cozinha, provenientes de alguns métodos de cocção e ainda explica que o ambiente térmico ao qual estão sujeitos os trabalhadores pode afetar seu bem-estar e consequentemente sua produtividade.

Já para Azevedo; Barbosa e Silva (2005) as cozinhas profissionais são ambientes que comumente apresentam elevadas temperaturas e umidade excessiva, inclusive podendo a presença de grande quantidade de vapor prejudicar a visibilidade, aumentando assim os riscos de ocorrência de acidentes.

Azevedo; Barbosa e Silva (2005) acrescentam que o desconforto térmico, agravado pelas baixas velocidades do ar contribuem ainda mais para o aparecimento de distúrbios de ordem físicas, ambientais, de trabalho e ligados à organização do trabalho e tarefas realizadas em cozinhas profissionais.

A ABNT NBR 14518 (2019) estabelece que para que as emissões das cozinhas profissionais sejam devidamente removidas e o ar renovado, deve haver um sistema de ventilação composto por coifas, 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.

2.3 VENTILAÇÃO LOCAL EXAUSTORA

Macintyre (1990) esclarece que a ventilação local exaustora é o processo no qual os contaminantes do ar ambiente são captados diretamente junto a sua fonte, impedindo que estes se espalhem pelo recinto, este tipo de processo é necessário quando o contaminante possui toxicidade muito elevada ou quando é produzido em quantidades demasiadamente grandes.

Já a ABNT NBR 14518 (2019) afirma que os poluentes e contaminantes gerados durante o processo de cocção devem ser captados localmente, de forma contínua, enquanto durar o processo.

Segundo ABNT NBR 14518 (2019), o sistema de ventilação local exaustora de uma cozinha profissional deve ser composto por:

- Coifas;
- Rede de dutos e acessórios;
- Ventiladores;
- Dispositivos e equipamentos para tratamento do ar exaurido;
- Elementos de prevenção e proteção contra incêndio;
- Compensação do ar exaurido;

2.3.1 Captadores

Os captadores são componentes onde, por meio de uma diferença de pressão existente entre o ambiente e o próprio captor, ocorre um fluxo de gases para o seu interior. Devido ao vácuo parcial produzido no interior do captor pelo exaustor, que aspira o ar que ocupa o captor, um fluxo de ar é induzido, desde a fonte geradora de contaminantes, de forma que tais contaminantes são arrastados pelo fluxo que os permeia para o interior do captor (MACINTYRE, 1990, p. 201).

Em cozinhas industriais são comumente utilizados captadores do tipo coifa. As coifas são subdivididas em diferentes grupos, de acordo com sua construção ou aplicação, são eles: coifas centrais ou ilhas, coifas com lados fechados e coifas com aspiração frontal, além de coifas para equipamentos específicos, como máquinas de lavar louça, fornos e churrasqueiras (ABNT NBR 14518, 2019, p. 11-12).

A ABNT NBR 14518 (2019) também orienta quanto a construção das coifas, que deve ser em chapa de aço inoxidável com no mínimo 0,94 mm de espessura ou outro material que proporcione a mesma higiene e resistência mecânica e à corrosão, com solda contínua, de acabamento liso e estanque em todo o perímetro externo e onde houver a possibilidade de acúmulo de gordura, não deve haver pontos de acúmulo de gordura inacessíveis à limpeza. Sua união com dutos e acessórios deve ser totalmente selada, ou por solda contínua ou por flanges com juntas de vedação incombustíveis. Todo o perímetro dos captadores e as partes inferiores dos suportes de filtros devem dispor de calhas coletoras dotadas de drenos tamponados para remoção eficiente de gordura e condensados, no mesmo material do captor.

Creder (2004) oferece alguns dados práticos para a construção de coifas, como a inclinação das faces laterais da coifa, que deve ser igual ou superior a 35°, outros dados apresentados pelo autor podem ser observados na Figura 1.

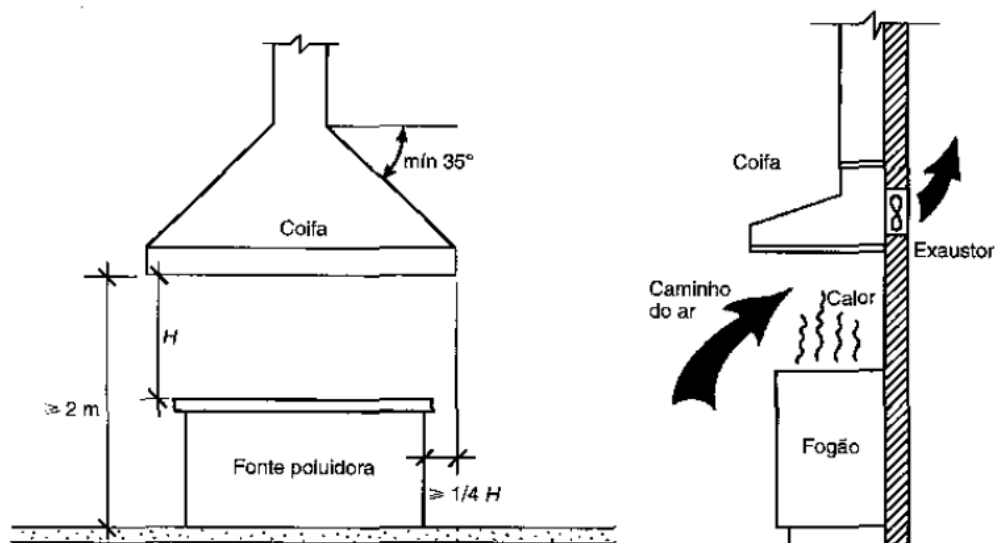


Figura 1: Dados práticos para a construção de coifas

(Fonte: Creder, 2004)

A ABNT NBR 14518 (2019) estabelece dois métodos para a obtenção da vazão de ar aspirado pela coifa, no primeiro método deve-se utilizar a equação (1) apresentada a seguir.

$$q_v = A * V \quad (1)$$

Onde:

q_v : Vazão de ar aspirado pela coifa (m^3/s);

A: Área (m^2);

V: Velocidade de face (m/s);

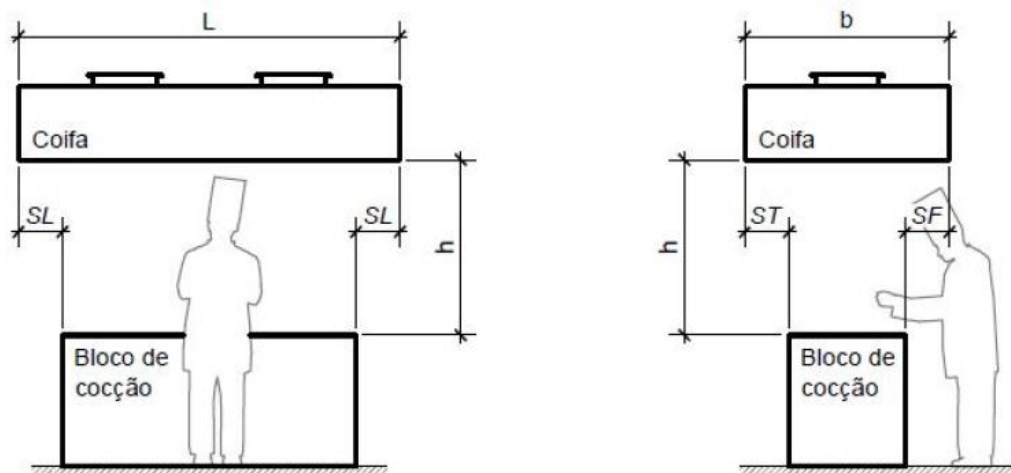
Para cada tipo de coifa a ABNT NBR 14518 (2019) determina uma ou duas formas de se obter a área e a velocidade de face a ser utilizada na equação (1), devendo sempre prevalecer os que resultarem em maior vazão de aspiração.

Já no segundo método o cálculo da vazão da coifa é efetuado a partir do comprimento linear da coifa e de valores estabelecidos pela ABNT NBR 14518 (2019), baseados no tipo de coifa e no calor gerado no equipamento de cocção.

A ABNT NBR 14518 (2019) ainda determina a adoção da maior vazão obtida entre os dois métodos propostos por ela.

- Coifa de Ilha

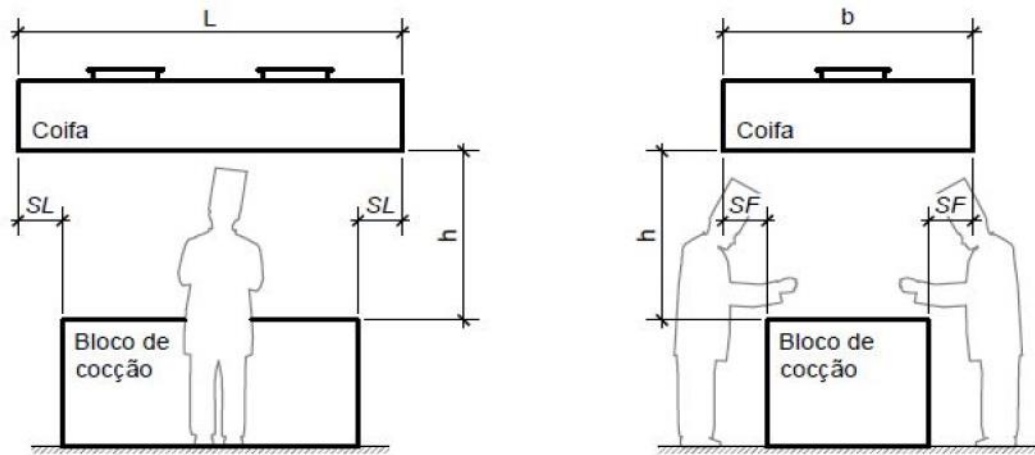
As coifas tipo ilha, podem ser simples ou duplas e são descritas pela ABNT NBR 14518 (2019) como captores de construção prismática ou tronco piramidal com as quatro laterais integralmente abertas para a aspiração de ar. A Figura 2 nos dá uma visão mais clara de uma coifa central.



a) Coifa de ilha simples

Figura 2: Coifa de ilha (continua)

(Fonte: NBR 14518, 2019).



b) Coifa de ilha dupla

Figura 2: Coifa de ilha

(Fonte: NBR 14518, 2019).

A instalação de coifas de ilha deve garantir que a superfície de cocção do equipamento não esteja a uma distância maior do que 1,20 metros da face inferior da coifa e nem menor do que 0,50 metros da borda inferior dos filtros inerciais, ou 0,75 metros em caso de chama exposta (ABNT NBR 14518, 2000, p. 26).

Para o primeiro método de cálculo da vazão das coifas de ilha, a ABNT NBR 14518 (2019) determina que as medidas da coifa devem superar as medidas do bloco de cocção a que irá atender em no mínimo 15 cm em todas as direções e recomenda a adoção de dois pares de área e velocidade de face a serem empregados na equação (1):

- A_1 é a área da face inferior da coifa, ou seja, o produto entre sua largura e seu comprimento, neste caso a velocidade de face V_1 deverá ser igual a 0,64 m/s.
- A_2 é o produto entre o perímetro da face inferior da coifa e a distância entre a superfície de cocção e a face inferior da coifa. Para A_2 será adotada a velocidade de face V_2 , igual a 0,25 m/s.

Já para o segundo método de cálculo da vazão, a coifa de ilha deve sobrepor o bloco de cocção em todas as direções em 30 cm, conforme orienta a ABNT NBR 14518 (2019), a vazão por metro linear está exposta na Tabela 1, de acordo com o grau de emissão do bloco de cocção.

Tabela 1: Vazão de exaustão por metro linear de coifa de ilha

Tabela 1 - Vazão de exaustão por metro linear de borda de linha							
	Leve (m³/h por metro)		Moderado (m³/h por metro)		Severo (m³/h por metro)		Combustível sólido (m³/h por metro)
Coifas não certificadas							
	Min		Min		Min		Min
Simples	2232		2790		3348		3902
Dupla	1393		1674		2232		3068
Coifas certificadas							
	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min
Simples	1 393	1 674	1 674	2 232	1 674	3 348	3 068
Dupla	835	1 116	1 116	1 674	1 393	2 232	2 790

(Fonte: NBR 14518, 2019).

- Coifa com lados fechados

Assim como as coifas de ilha, são de construção prismática ou tronco piramidal, porém com um, dois ou três lados integralmente fechados, sendo um deles obrigatoriamente longitudinal, são utilizadas quando os equipamentos atendidos são posicionados contra a parede (ABNT NBR 14518, 2019, p. 11). Sua altura em relação ao bloco de cocção não deve superar 1,20 metros, porém os filtros inerciais devem estar distantes deste em pelo menos 50 cm, exceto para chama exposta quando deve distar 75 cm da superfície de cocção ou leito de brasas (ABNT NBR 14518, 2019, p. 25).

Para satisfazer o proposto pela ABNT NBR 14518 (2019) no primeiro método de determinação da vazão, as medidas das coifas com lados fechados também devem ser maiores que as do bloco de cocção ao qual atende em 15 cm em todas as direções não adjacentes às paredes, adotando os critérios expostos a seguir para determinar a vazão da coifa, devendo prevalecer o maior resultado:

- A_1 é o produto entre a largura e o comprimento da coifa, como na coifa central, porém neste caso a velocidade de face V_1 deverá ser igual a 0,40 m/s.
- A_2 é o produto entre o perímetro livre da coifa (lados não adjacentes as paredes) e a distância entre a superfície de cocção e a face inferior da coifa, para A_2 será adotada a velocidade de face V_2 , igual a 0,25 m/s.

A Figura 3 Ilustra uma coifa com um lado fechado.

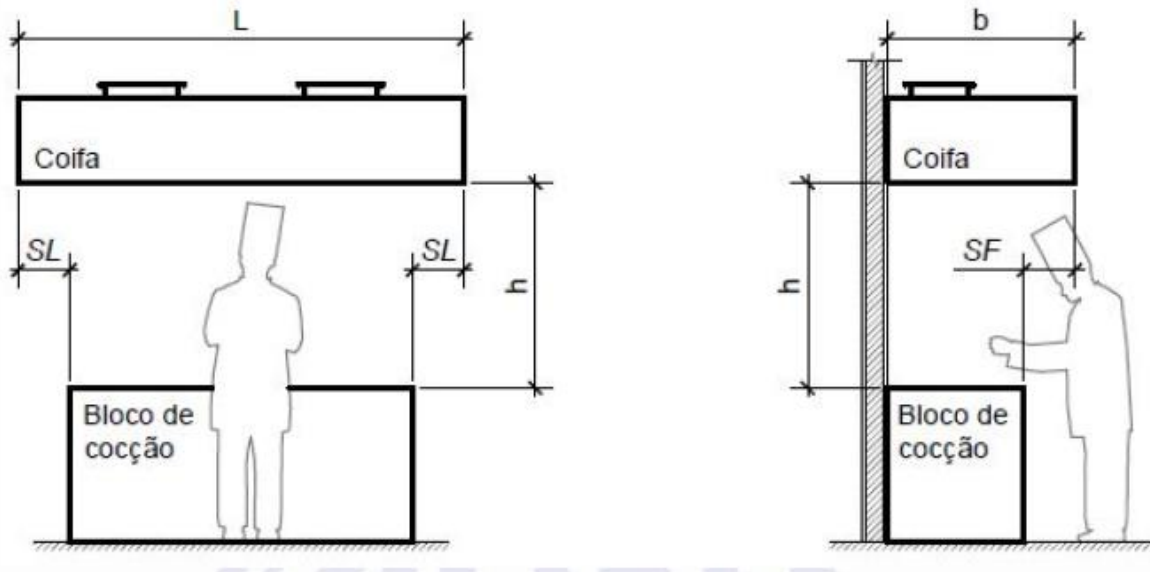


Figura 3: Coifa com um lado fechado

(Fonte: NBR 14518, 2019).

Para calcular a vazão das coifas com lados fechados pelo segundo método apresentado pela ABNT NBR 14518 (2019), as medidas da coifa devem ultrapassar as medidas do bloco de cocção em 30 cm para a frente e 15 cm nos lados livres, já a vazão por metro linear de coifa a ser adotada deve corresponder às expostas na Tabela 2.

Tabela 2: Vazão de exaustão por metro linear de coifa com lados fechados

Coifas não certificadas						
Leve (m³/h por metro)		Moderado (m³/h por metro)		Severo (m³/h por metro)		Combustível sólido (m³/h por metro)
Coifas não certificadas						
Min		Min		Min		Min
1116		1674		2232		3068
Coifas certificadas						
Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min
835	1116	1116	1674	1116	2232	1951

(Fonte: NBR 14518, 2019).

- Coifa com aspiração frontal

As coifas com aspiração frontal são descritas pela ABNT NBR 14518 (2019), como captadores que possuem um lado longitudinal adjacente a parede, totalmente

fechado, com laterais total ou parcialmente fechadas. Sua face adjacente a parede é mais próxima da superfície de cocção do que sua face frontal, tornando a face inferior da coifa inclinada em relação à horizontal. Neste caso a distância entre os filtros e a superfície de cocção pode ser reduzida até 15 cm, desde que não haja exposição a chama (ABNT NBR 14518, 2019, p. 26).

Para o primeiro método de cálculo da vazão de coifas com aspiração frontal a ABNT NBR 14518 (2019) indica sobreposições laterais em relação ao bloco de cocção de pelo menos 15 cm, exceto quando houver fechamento lateral parcial ou total, quando a medida longitudinal da coifa poderá se igualar a medida do bloco. Também deverá haver um recuo frontal de 15 cm em relação ao bloco de cocção.

Os dados das variáveis a serem utilizados na equação (1) para a determinação da vazão de coifas com aspiração frontal pelo primeiro método estipulado pela ABNT NBR 14518 (2019) serão:

- A área A será o produto entre o comprimento da coifa e a altura h entre a superfície de cocção e o ponto mais alto da superfície inferior da coifa, $h = 90$ cm;
- A velocidade V deverá ser igual a 0,34 m/s.

Pelo segundo método de cálculo, a ABNT NBR 14518 (2019) fixa as cotas de sobreposição lateral em 15 cm e recuo frontal em 25 cm, assim como as medidas de vazão por metro linear de coifa que estão apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3: Vazão de exaustão por metro linear de coifa de aspiração frontal

Leve (m³/h por metro)		Moderado (m³/h por metro)		Severo (m³/h por metro)		Combustível sólido (m³/h por metro)
Coifas não certificadas						
Min		Min		Min		Não permitido
1674		1674		2232		
Coifas certificadas						
Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Não recomendado
558	1116	1116	1674	1674	2232	

(Fonte: NBR 14518, 2019).

A Figura 4 ilustra algumas coifas de aspiração frontal.

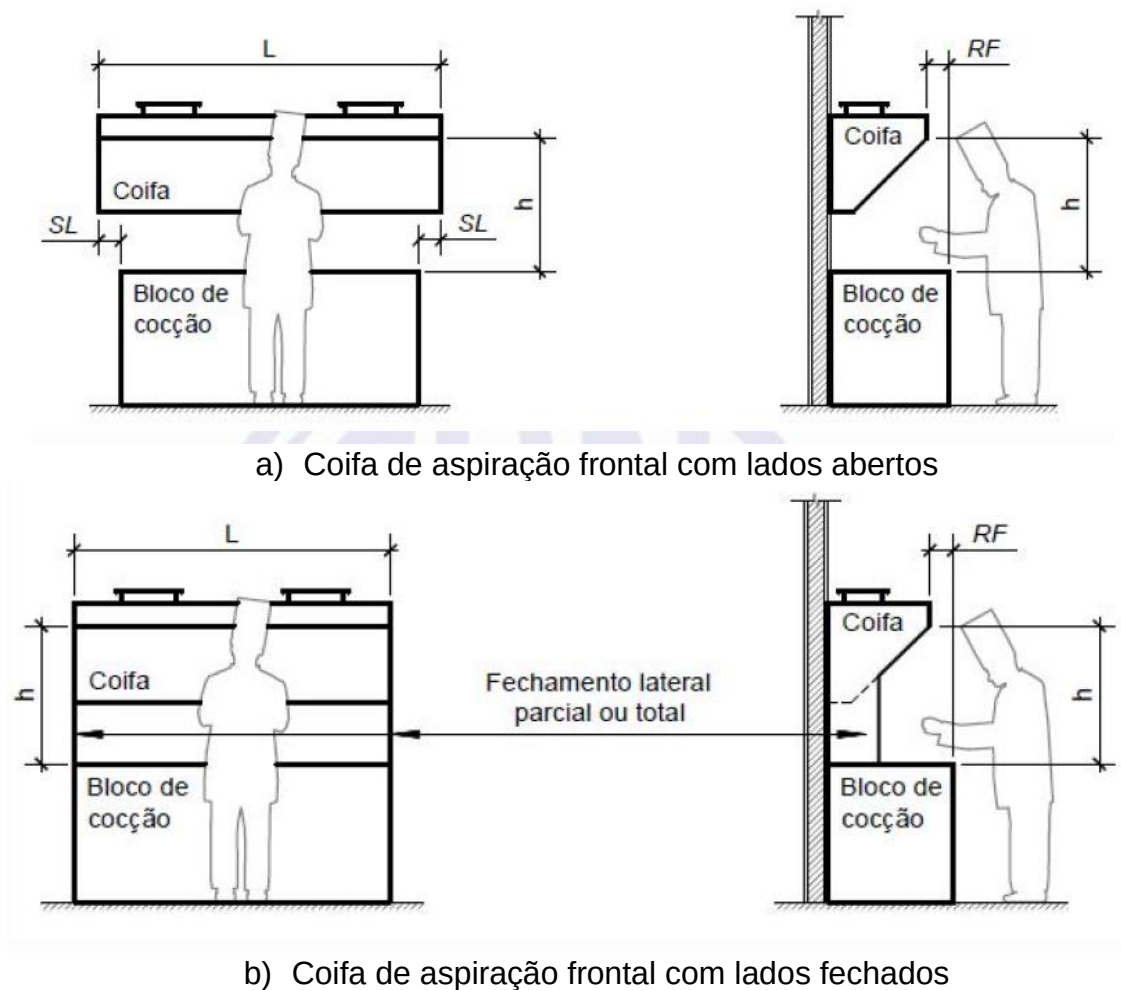


Figura 4: Coifa com aspiração frontal

(Fonte: NBR 14518, 2000).

2.3.2 Dispositivos e equipamentos para tratamento do ar exaurido

Devido ao desprendimento de vapores, calor, gases de combustão e substâncias com propriedades aderentes e combustíveis, com odores característicos, que são arrastados pelo sistema de exaustão, gerando incrustações combustíveis ao longo do percurso, podendo gerar incêndios e causar incômodos à vizinhança ao serem descartados na atmosfera, a ABNT NBR 14518 (2019) determina a obrigatoriedade da instalação de filtros metálicos, removíveis e laváveis em blocos de cocção que emitem vapores de gordura, sendo dispensáveis em sistemas que atendam a processos com efluentes leves.

Os Filtros utilizados nas coifas devem ser do tipo inercial, dotado de chicanas, que provoquem a mudança na direção do fluxo de ar e na velocidade de deslocamento, sua instalação deve ser feita com ângulo de 45° a 60° com a horizontal, para garantir o escoamento da gordura para a calha coletora (ABNT NBR 14518, 2019, p. 33).

A Figura 5 ilustra um filtro inercial, assim como seu funcionamento.

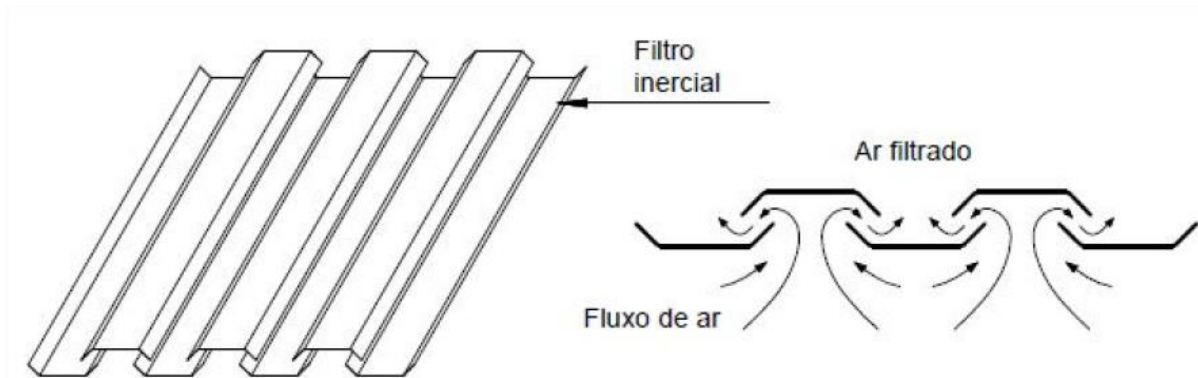


Figura 5: Filtro inercial

(Fonte: NBR 14518, 2019)

2.3.3 Sistema de compensação de ar exaurido

Cumprindo com as orientações da ABNT NBR 14518 (2019), o projeto deverá prever sistema de suprimento forçado, por meios mecânicos do ar de compensação na cozinha, composto por ventiladores, filtros de ar, rede de dutos, acessórios para captação, tratamento e distribuição do ar na cozinha, com o intuito de garantir o perfeito funcionamento do sistema de exaustão, assim como a qualidade do ar por meio da renovação com ar externo.

A ABNT NBR 16401-2 (2008) estipula parâmetros de conforto térmico, que devem ser observados no dimensionamento do sistema de insuflamento de ar, sendo de particular importância a velocidade média do ar na zona de ocupação, que em casos onde há elevação de temperatura pode chegar a 0,8 m/s.

2.3.4 Acessórios

- Portas de Inspeção

A finalidade das portas de inspeção é permitir o acesso para inspeção, manutenção e limpeza de dutos, equipamentos e acessórios, são removíveis e mantêm tais elementos vedados durante a operação do sistema (ABNT NBR 14518, 2019, p. 28).

Conforme orienta a ABNT NBR 14518 (2019), as portas de inspeção devem ter dimensões mínimas de 15x15 cm e ser instaladas junto às conexões de dutos com mudança de direção ou variação de seção, de modo a permitir a inspeção e limpeza dos dutos por completo, devem ser instaladas nas laterais ou na parte superior do duto, desde que seja acessível, seu acesso jamais deve ser obstruído, devem ser vedadas com juntas incombustíveis e estanques.

- Dampers reguladores de vazão

Segundo a ABNT NBR 14518 (2019) dampers são acessórios tipo registro, utilizados para controlar a vazão de ar que passa no interior dos dutos.

- Terminal de descarga

Os terminais de descarga são o trecho final de um duto, por onde o fluxo de ar exaurido é descarregado na atmosfera, a ABNT NBR 14518 (2019) afirma que os terminais de descarga devem extravasar a cobertura ou uma parede externa e prosseguir a uma distância de, no mínimo 1 metro acima do telhado, devem ser verticais e descarregar o ar diretamente para cima. A norma ainda propõe a utilização de 4 tipos de terminais que possibilitem a descarga na vertical, impedindo a entrada da água da chuva, são os terminais tipo ponta/bolsa, tipo “S”, tipo “Y” e tipo CAP, que são ilustrados na Figura 6.

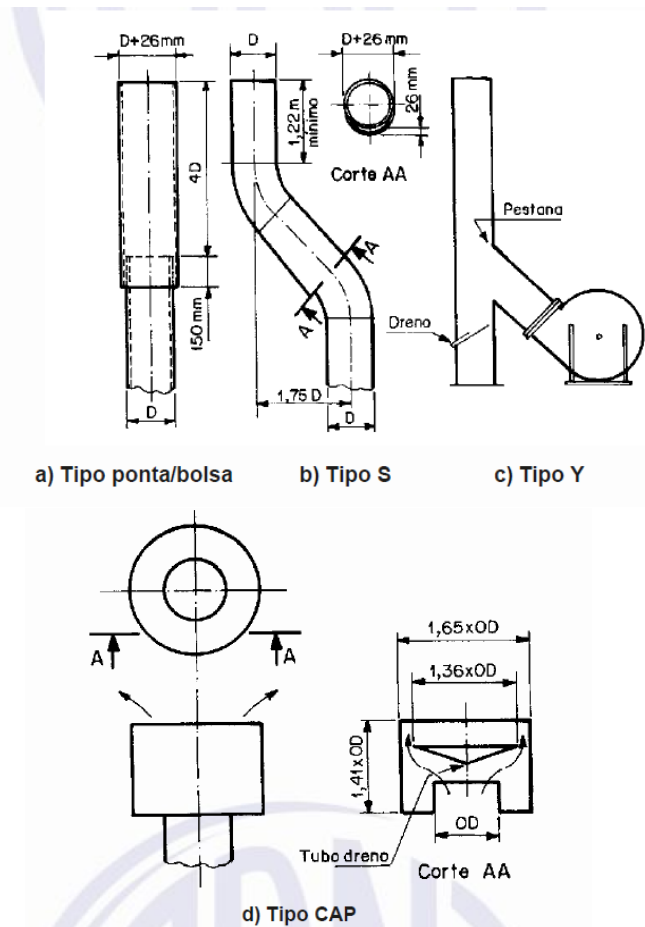


Figura 6: Tipos de terminais de descarga

(Fonte: NBR 14518, 2019)

2.3.5 Elementos de prevenção e proteção contra incêndio

Para a ABNT NBR 14518 (2019) os sistemas de exaustão de cozinhas profissionais apresentam um risco de incêndio mais elevado do que em outros tipos de sistemas ventilação, devido a presença de diversos elementos inflamáveis conduzidos por ele, associado ao potencial de ignição dos equipamentos de cocção, por este motivo a norma propõe medidas de prevenção e medidas ativas e passivas de proteção contra incêndio, aplicáveis a este tipo de instalação.

Como medidas preventivas contra incêndio, a ABNT NBR 14518 (2019) menciona a prática de treinamento dos operadores, medidas construtivas de prevenção, manutenção preventiva e corretivas dos equipamentos, o uso de equipamentos normatizados e a adoção de equipamentos estáticos e dinâmicos de

extração de gorduras, como os filtros inerciais por exemplo, com o intuito de minimizar os riscos de ocorrência de incêndios.

Já as medidas de proteção contra incêndios são destinadas a minimizar os danos decorrentes do incêndio, impedindo sua propagação para outros ambientes e propiciando a possibilidade de sua extinção ou auto extinção (ABNT NBR 14518, 2019, p. 39).

Como medidas de proteção passiva contra incêndios a ABNT NBR 14518 (2019) entende que são os aspectos construtivos do sistema de exaustão, como a seleção de materiais e procedimentos de fabricação e instalação, incluindo, onde aplicável, selagem com juntas incombustíveis, enclausuramento e atendimento aos afastamentos mínimos propostos pela norma.

Medidas de proteção ativa são aquelas acionadas somente por ocasião do incêndio e compreendem sistemas fixos de detecção, de alarme e de extinção com ação automática e manual, registros, registro corta-fogo com acionamento eletromecânico, extintores portáteis, hidrantes e dispositivos de intertravamento para bloqueio das fontes de energia elétrica do sistema de exaustão e das fontes de energia elétrica e combustível dos equipamentos de cocção e, se necessário, bloqueio das fontes de energia elétrica do sistema de exaustão (ABNT NBR 14518, 2019, p. 39).

A ABNT NBR 14518 (2019) faz uma classificação das cozinhas profissionais quanto a qualidade dos efluentes emitidos e ao tipo de edificação, com o objetivo de determinar quais tipos de medidas devem ser tomadas para a qualidade do ar no interior da cozinha.

Quanto a qualidade dos efluentes, a ABNT NBR 14518 (2019) esclarece que para que um sistema seja considerado leve, todos os equipamentos de cocção atendidos por este devem ser classificados como equipamentos com emissão de efluentes leves, havendo ao menos um equipamento com emissão de efluentes moderados ou severos, o sistema será classificado de acordo com este equipamento de maior grau de severidade de emissão de efluentes, porém quando o equipamento atendido for de combustíveis sólidos, o sistema que o atende deverá ser exclusivo para esta finalidade.

A Tabela 4 apresenta uma lista de equipamentos de cocção classificados pela ABNT NBR 14518 (2019) por grau de severidade de efluentes emitidos, com o intuito de permitir a classificação do tipo de sistema necessário em cada projeto.

Tabela 4: Classificação de efluentes dos equipamentos de cocção

Leves	Moderados	Severos	Combustível sólido
Banho maria	Fogões	Charbroiler	Forno a lenha
Estufas	Churrasqueira elétrica	Chapa de grelhados	Churrasqueira a carvão
Forno de Micro-ondas	Churrasqueira a gás	Bifeteira	Churrasqueira a lenha
Cafeteiras	Fornos combinados	Frigideira basculante	
Lava-louças	Galeteira	Wok	
Tostadeiras	Cozedor de massas	Fritadeira (elétrica/gás)	
Leiteiras	Sanduicheira	Chapa quente	
	Salamandra		
	Forno (elétrico/gás)		

(Fonte: NBR 14518, 2019)

A tabela 5 apresenta quais medidas de prevenção e/ou proteção contra incêndios que cada modalidade de cozinha profissional deve tomar, segundo a ABNT NBR 14518 (2019), levando em conta a classificação dos sistemas de exaustão.

Tabela 5: Requisitos básicos dos sistemas de exaustão

Requisitos	Equipamentos leves	Equipamentos moderados severos e combustível sólido
Dutos em aço carbono	Chavetado ou flangeado	Espessura mínima 1,37 mm, soldados ou flangeados
Dutos em aço inoxidável	Não requer	Espessura mínima 1,09 mm, soldados ou flangeados
Porta de inspeção	Requer	Requer
Isolamento térmico na rede de dutos	Não requer	Requer
Registro corta fogo	Não requer	Conforme sistema fixo de combate a incêndio
Coifas	Sem filtros	Com filtros
Proteção passiva	Selagem de travessias	Requer
Sistema fixo de combate a incêndio	Não requer	Requer ¹

¹ Os fornos combinados, fornos (elétrico/gás), classificados como moderados não necessitam de sistema fixo de combate a incêndio.

(Fonte: NBR 14518, 2000)

- Damper corta fogo:

Segundo a ABNT NBR 14518 (2019) os dampers corta fogo são registros que bloqueiam a passagem do ar, impedindo por um determinado período de tempo a propagação do fogo, de fumaça e líquidos através dos dutos. Quando previstos, devem ser instalados nas travessias entre a cozinha e outros ambientes, separados por elemento construtivo incombustível, como paredes, pisos, lajes e etc. A instalação

de dampers corta fogo na conexão da coifa com os dutos fica a critério do projetista, porém quando houver, deve ser em local de fácil acesso à limpeza e manutenção.

2.3.6 Dutos

ASHRAE (2017) fala sobre dutos de seções quadradas/retangulares, circulares e ovais e ABNT NBR 14518 (2000) afirma que são destinados a condução de ar e/ou efluentes.

Segundo a ASHRAE (2017) o dimensionamento de dutos deve levar em consideração a disponibilidade de espaço, emissão de ruídos, fuga de ar, controle de incêndio e fumaça, custos de implementação e operação e do balanço dimensional em si, pois o mal dimensionamento poderá acarretar em desconforto térmico, perda de produtividade, efeitos adversos à saúde, níveis inaceitáveis de ruídos e etc.

Para Creder (2004), o dimensionamento dos dutos deve levar em consideração o volume de ar a ser conduzido, a velocidade de deslocamento do ar através dos dutos e a resistência e a ser vencida nos dutos.

Em sistemas de exaustão deve-se buscar minimizar o desenvolvimento dos dutos em direção ao ponto de descarga, reduzindo o seu percurso no interior da edificação, também é importante manter um afastamento de outras instalações, de modo a permitir a limpeza e manutenção adequadas (ABNT NBR 14518, 2019, p. 27).

A ABNT NBR 14518 (2019) ainda estipula uma velocidade mínima de deslocamento de ar no interior dos dutos de 2,54 m/s, já a velocidade máxima não pode exceder 12,5 m/s, deve-se considerar o espaço disponível, a emissão de ruídos e a conservação de energia.

Para a fabricação dos dutos de exaustão de uma cozinha profissional a ABNT NBR 14518 (2019) sugere a utilização de chapas de aço ao carbono ou aço inoxidável de 1,37 mm e 1,09 mm de espessura respectivamente, apesar de aceitar a utilização de outros materiais, desde que possuam características semelhantes às do aço, quanto à resistência mecânica, à corrosão, rugosidade e etc. Todas as juntas longitudinais devem ser soldadas e estanques, as juntas transversais e uniões com captosres podem ser flangeadas, desde que as flanges seja soldadas aos dutos e as juntas de vedação sejam estanques e incombustíveis.

“O ponto inferior de depressões e de trechos de dutos verticais ou quaisquer outros pontos de acúmulo de gordura devem ser providos de drenos tamponados para recolhimento da mesma” (ABNT NBR 14518, 2019, p. 27).

Conhecendo o limite mínimo de velocidade de deslocamento do ar no duto estabelecido pela ABNT NBR 14518 (2019), levando em consideração as limitações físicas da instalação, as emissões de ruído, conservação de energia e tendo pré-determinado a vazão dos captadores, Creder (2004) sugere, para o cálculo da seção transversal do duto, o uso da equação (2), que é a mesma equação utilizada para o fluxo de qualquer fluido.

$$Q = A * v \quad (2)$$

Onde:

Q: vazão de ar no duto (m³/s);

A: Área da seção transversal do duto (m²);

v: Velocidade do ar no interior do duto (m/s).

Através da equação da área da circunferência (3) pode ser obtido o diâmetro do duto, em caso de duto circular, já para dutos retangulares existe a equação do diâmetro equivalente (4), apresentada por ASHRAE (2017), assim como a Tabela 6, que relaciona as medidas de alguns dutos retangulares com seus correspondentes circulares.

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} \quad (3)$$

Onde:

A: Área da circunferência (m²);

D: diâmetro da circunferência (m).

$$De = \frac{1,3*(a*b)^{0,625}}{(a+b)^{0,25}} \quad (4)$$

Onde:

a e b: lados do retângulo (m);

De: diâmetro da circunferência equivalente (m).

Tabela 6: Equivalentes circulares de dutos retangulares para mesma perda de carga e vazão

Medida lateral (mm)	Medida de uma lateral do duto retangular (mm)										
	100	150	200	250	300	400	500	600	800	1000	1200
	Diâmetro do duto circular (mm)										
200	152	189	219								
250	169	210	244	273							
300	183	229	266	299	328						
400	207	260	305	343	378	437					
500		287	337	381	420	488	547				
600		310	365	414	457	533	598	656			
800			414	470	520	609	687	755	875		
1000				517	574	674	762	840	976	1093	
1200					620	731	827	914	1066	1196	1312
1400						781	886	980	1146	1289	1416
1600						827	939	1041	1219	1373	1511
1800							988	1096	1286	1451	1598
							1034	1147	1348	1523	1680

(Fonte: ASHRAE, 2017).

2.3.7 Ventiladores

Para Creder (2004) ventiladores podem ser vistos como bombas de ar, destinadas a, a partir da energia mecânica fornecida por motores, geralmente elétricos atingir a potência e rotação necessárias para atingir a vazão de ar adequada para vencer as pressões de resistência impostas ao sistema que atende.

Já Macintyre (1990) entende que ventiladores são turbomáquinas ou máquinas turbodinâmicas, destinadas a produzir o deslocamento dos gases, através da rotação de um rotor, acionado por um motor, transformando a energia mecânica do rotor em energia potencial de pressão e energia cinética, que poder ser assumidas por fluídos. Ao adquirir tal energia o fluído (ar e/ou gases) torna-se capaz de escoar em dutos, vencendo as resistências impostas ao seu deslocamento.

Uma vez que o grau de compressão apresentado pelos ventiladores é muito pequeno para ser analisado como uma máquina térmica, estes são estudados como máquinas de fluído incompressível. (MACINTYRE, 1990, p. 157)

Os ventiladores podem ser divididos em dois grupos, afirma Creder (2004), os centrífugos, onde o deslocamento de ar se dá em um fluxo radial (Figura 7), devido ao efeito centrífugo, e os helicoidais, que apresentam fluxo de ar axial (Figura 8).



Figura 7: Exaustor centrífugo de simples aspiração

(Fonte: Motovent, 2019)



Figura 8: Ventilador helicoidal

(Fonte: Motovent, 2019)

Macintyre (1990) classifica os ventiladores quanto ao tipo de rotor, que pode ser de pás retas radiais (Figura 9 a), pás retas inclinadas para trás (Figura 9 e) ou para a frente, pás curvadas para trás (Figura 9 b) ou para a frente (Figura 9 c), pás curvadas de saída radial (Figura 9 d) e perfil em asa ou airfoil.

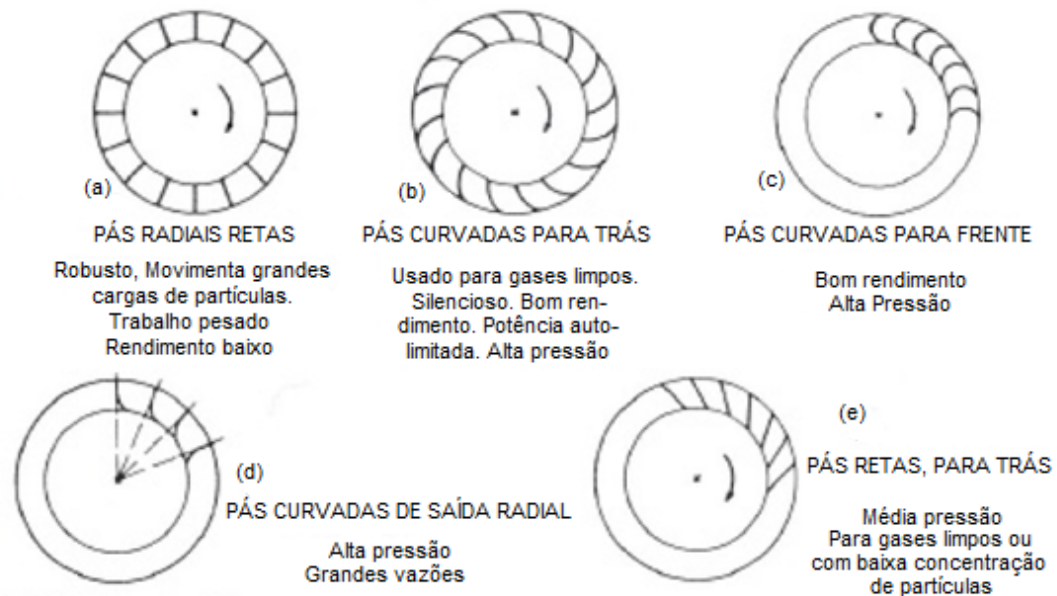


Figura 9: tipos de rotor

(Fonte: Macintyre, 1990)

Os ventiladores também podem ser classificados como de simples ou dupla aspiração (MACINTYRE, 1990, p. 157).

Existem grandezas de importância no funcionamento e comportamento de ventiladores, afirma Macintyre (1990), de modo que, a combinação adequada de algumas delas permite a escolha do tipo de ventilador para condições preestabelecidas, essas grandezas denominadas características são, número de rotações, vazão, altura de elevação ou perdas de carga, potência e rendimento.

As equações que relacionam a interdependência entre estas grandezas não permitem um estudo baseado em considerações puramente teóricas, é necessário recorrer a ensaios de laboratórios que permitem exprimir estatisticamente a variação de uma grandeza em função da outra, com os dados obtidos nos ensaios são elaborados gráficos e tabelas que permitem a escolha adequada de ventiladores, assim como a compreensão do comportamento do mesmo quando ocorrem variações

nas grandezas representadas. Os gráficos obtidos dos ensaios são denominados de curvas características e as mais usuais são as que relacionam as grandezas de vazão e perdas de carga nas curvas de igual rendimento (MACINTYRE, 1990, p. 171).

A ABNT NBR 14518 (2019) instrui quanto a escolha do ventilador, no caso de ventilador centrífugo, deve ser de construção metálica, de simples aspiração, com rotor de pás inclinadas para trás ou radiais, o sistema de transmissão deve ser feito de modo que não haja exposição do motor elétrico, caixa de ligação elétrica ou elementos de transmissão ao fluxo de ar de exaustão. No caso de motor de fluxo axial, o motor e toda a instalação elétrica devem estar fora ou protegidos do fluxo de ar de exaustão. Os elementos de transmissão devem estar enclausurados e protegidos contra infiltração de gordura.

Também é necessário que haja dreno e porta de inspeção nos ventiladores, conforme indica a ABNT NBR 14518 (2019), além de, sempre que possível ser instalado no final da rede de dutos ou o mais próximo possível deste, para diminuir o número de conexões pressurizadas.

2.3.7.1 Motores Elétricos

Segundo Garcia (2003), o funcionamento de todo motor elétrico deve-se ao fato de que correntes elétricas geram campos magnéticos e quando estes variam em relação a um condutor, provocam neste último uma corrente elétrica. “A grosso modo, formam-se dois ímãs, um no estator e outro no rotor, cuja interação provoca o movimento do motor” (GARCIA, 2003, p. 50).

Garcia (2003) descreve motores de indução trifásicos com rotor em gaiola de esquilo como sendo de construção bastante robusta, sem partes faiscantes, com rendimento na casa de 90%, exigindo quase nenhuma manutenção e barato, apesar de ter as desvantagens de não variar a velocidade, operação degradada em baixa carga e alta corrente de partida. Já os motores de corrente contínua permitem a variação de velocidade, entretanto, são motores caros, delicados, que exigem muita manutenção e cuidado (GARCIA, 2003, p. 50).

As bobinas das três fases no estator de um motor trifásico são distribuídas com um afastamento de 120° entre si, de forma que o campo magnético resultante provocado por cada uma delas é uniforme e girante, explica Garcia (2003), concluindo

que, ao circular nos núcleos magnéticos do estator e do rotor, este campo provoca nas barras do rotor uma circulação de corrente.

Kosow (1982), afirma que a corrente em circulação nas barras do rotor gera um campo magnético de polos opostos ao do estator, que tende a opor-se ao movimento que o gerou (Lei de Lenz). O resultado é que o campo do estator arrasta o rotor.

Conforme exposto por Kosow (1982), de acordo com a disposição das bobinas do estator podem haver dois, quatro, seis, oito ou mais polos no motor e para uma mesma frequência nas fases a rotação do motor é inversamente proporcional ao número de polos, ou seja, para uma frequência de 60 Hz um motor de 2 polos irá girar a 3600 rpm, um de 4 polos a 1800 rpm, um de 6 polos a 1200 rpm e assim sucessivamente.

2.4 ESCOAMENTO DE AR ATRAVÉS DOS DUTOS

2.4.1 Viscosidade

Fox; McDonald & Pritchard (2014) comparam a viscosidade de um fluido com a elasticidade de um sólido, enquanto as tensões de cisalhamento provocam deformações elásticas em um sólido, nos fluidos as tensões de cisalhamento aparecem devido ao escoamento viscoso, e acrescentam que a viscosidade de um fluido lhe dá a capacidade de resistir ao movimento.

“A viscosidade é uma medida do atrito interno do fluido, ou seja, da capacidade de resistir à deformação”, afirmam Fox; McDonald & Pritchard (2014), a viscosidade dinâmica ou absoluta é representada pela letra μ e expressa em $N \cdot s/m^2$ porém, surge com frequência a razão entre a viscosidade absoluta (μ) e a massa específica (ρ), que é denominada viscosidade cinemática e é representada pela letra ν e expressa em m^2/s .

A tabela 7 mostra valores de viscosidade do ar em função da temperatura à pressão atmosférica.

Tabela 7: Propriedades do ar à pressão atmosférica

Temperatura T (°C)	Massa específica ρ (kg/m ³)	Viscosidade dinâmica μ (N*s/m ²)	Viscosidade v cinemática (m ² /s)
0	1,29	$1,72 \cdot 10^{-5}$	$1,33 \cdot 10^{-5}$
5	1,27	$1,74 \cdot 10^{-5}$	$1,37 \cdot 10^{-5}$
10	1,25	$1,76 \cdot 10^{-5}$	$1,41 \cdot 10^{-5}$
15	1,23	$1,79 \cdot 10^{-5}$	$1,45 \cdot 10^{-5}$
20	1,21	$1,81 \cdot 10^{-5}$	$1,50 \cdot 10^{-5}$
25	1,19	$1,84 \cdot 10^{-5}$	$1,54 \cdot 10^{-5}$
30	1,17	$1,86 \cdot 10^{-5}$	$1,59 \cdot 10^{-5}$
35	1,15	$1,88 \cdot 10^{-5}$	$1,64 \cdot 10^{-5}$
40	1,13	$1,91 \cdot 10^{-5}$	$1,69 \cdot 10^{-5}$
45	1,11	$1,93 \cdot 10^{-5}$	$1,74 \cdot 10^{-5}$
50	1,09	$1,95 \cdot 10^{-5}$	$1,79 \cdot 10^{-5}$
55	1,08	$1,98 \cdot 10^{-5}$	$1,83 \cdot 10^{-5}$
60	1,06	$2,00 \cdot 10^{-5}$	$1,89 \cdot 10^{-5}$
65	1,04	$2,02 \cdot 10^{-5}$	$1,94 \cdot 10^{-5}$
70	1,03	$2,04 \cdot 10^{-5}$	$1,98 \cdot 10^{-5}$
75	1,01	$2,06 \cdot 10^{-5}$	$2,04 \cdot 10^{-5}$
80	1,00	$2,09 \cdot 10^{-5}$	$2,09 \cdot 10^{-5}$
85	0,987	$2,11 \cdot 10^{-5}$	$2,14 \cdot 10^{-5}$
90	0,973	$2,13 \cdot 10^{-5}$	$2,19 \cdot 10^{-5}$
95	0,960	$2,15 \cdot 10^{-5}$	$2,24 \cdot 10^{-5}$
100	0,947	$2,17 \cdot 10^{-5}$	$2,29 \cdot 10^{-5}$

(Fonte: Fox; McDonald; Pritchard, 2014)

2.4.2 Escoamento laminar e turbulento

Um escoamento é laminar, afirmam Fox; McDonald & Pritchard (2014), quando as partículas de um fluido se movem em camadas lisas, ou lâminas, paralelas ao fluxo, já um escoamento turbulento é aquele no qual o deslocamento das partículas do fluido se misturam rapidamente e se movimentam ao longo do escoamento, devido às flutuações aleatórias no campo tridimensional de velocidades. Fox; McDonald & Pritchard (2014) ainda esclarecem que quando flutuações aleatórias no movimento do fluido, geradas por exemplo pela rugosidade da parede de um duto, não pode ser contida pelas forças viscosas no fluido, o escoamento se torna turbulento.

O escoamento é classificado como laminar ou turbulento através do cálculo do número de Reynolds, explicam Fox; McDonald & Pritchard (2014), para escoamento em tubos, sob condições normais, a transição para turbulência ocorre quando o número de Reynolds atinge 2300.

O número de Reynolds é calculado a partir da equação (5) (ASHRAE, 2017, p. 21.6).

$$Re = \frac{D_h * V}{\nu} \quad (5)$$

Onde:

Re: Numero de Reynolds (adimensional);

D_h : Diâmetro hidráulico do duto (m);

V: velocidade de deslocamento do fluido no interior do duto (m/s);

ν : viscosidade cinemática do fluido que depende da pressão e temperatura (tabelado p/ o ar) (m^2/s).

2.4.3 Psicrometria

“Psicrometria é o estudo das propriedades e características do ar e da determinação das mesmas” declara Macintyre (1990), é frequente o uso de grandezas psicrométricas em ventilação industrial. A relação entre essas grandezas é representada através de cartas psicrométricas, através das quais é possível obter determinados valores, quando algumas dessas grandezas são conhecidas (CREDER, 2004, p.35).

A carta psicométrica é composta das seguintes partes:

- Linha de temperatura do bulbo seco (TBS), em °C;
- Linha da umidade específica (UE) em kg de umidade por kg de ar seco;
- Linha da temperatura de bulbo úmido (TBU), em °C;
- Linha do volume específico (VE) em m^3 de mistura por kg de ar seco;
- Linha de entalpia (h) em kJ/kg de ar seco na saturação;
- Linha da umidade relativa (UR) em %;

Conhecendo dois destes parâmetros os demais poderão ser obtidos (CREDER, 2004, p. 35).

A Figura 10 ilustra uma carta psicrométrica.

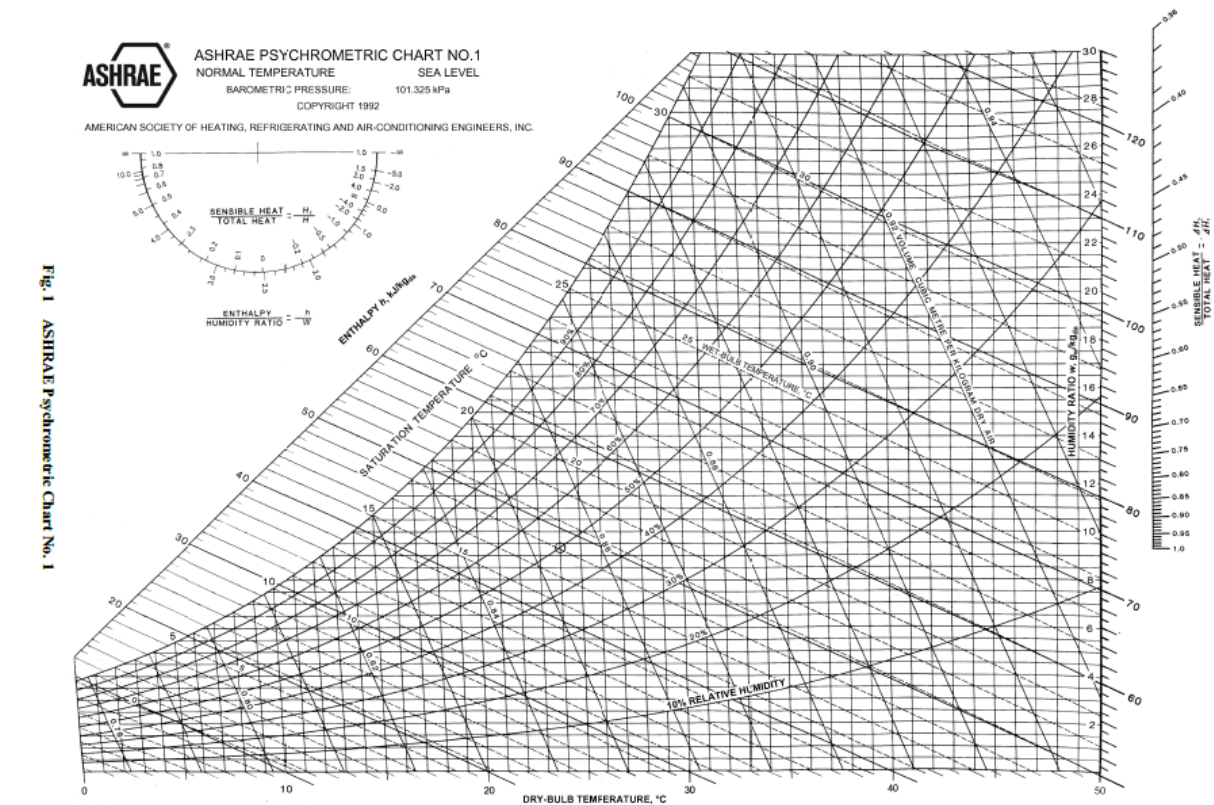


Figura 10: Carta psicrométrica

(Fonte: ASHRAE, 2017)

2.4.4 Determinação das perdas de carga

As perdas de carga representam a resistência que o fluxo de ar deve superar ao percorrer o sistema e pode ser determinada com a auxílio da equação de Darcy-Weisbach (6), como orienta ASHRAE (2017).

$$\Delta_p = \left(\frac{f \cdot L}{D_h} + \sum C \right) * \left(\frac{\rho \cdot V^2}{2} \right) \quad (6)$$

Onde:

Δ_p : Perda de carga (Pa);

f : Fator de perda de carga por atrito (adimensional);

L : Comprimento do duto (m);

D_h : Diâmetro hidráulico do duto (m);

C: Coeficiente de perda de carga localizada na seção no duto(adimensional);
 ρ: Massa específica do fluido no interior do duto (kg/m³);
 V: Velocidade do fluido no interior do duto (m/s).

O fator de perda de carga por atrito pode ser determinado através da equação (7), porém, sua solução exige métodos iterativos, outra forma de se obter o fator de atrito é através do diagrama de Moody (Figura 11), que permite sua obtenção correlacionando - o com a rugosidade relativa do material que compõe os dutos e pelo número de Reynolds (ASHRAE, 2017, p. 3.7).

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2\log\left(\frac{\varepsilon}{3,7D_h} + \frac{2,51}{Re\sqrt{f}}\right) \quad (7)$$

Onde:

f : Fator de perda de carga por atrito (adimensional);
 ε: Rugosidade absoluta do material do duto (adimensional);
 D_h : Diâmetro hidráulico do duto (m);
 Re: Número de Reynolds (adimensional).

A rugosidade relativa do material do duto é a relação entre a rugosidade absoluta e o diâmetro hidráulico do duto $\left(\frac{\varepsilon}{D_h}\right)$, a rugosidade absoluta do duto possui valores tabelados para cada tipo de material e podem ser consultadas em ASHRAE (2017).

O coeficiente de perda de carga localizada na seção do duto (C), possui valores tabelados, para curvas, venezianas, captosres, grelhas, registros e etc, seus valores poder ser consultados em diversas fontes, como Creder (2004).

A tabela 8 apresenta uma lista dos valores do fator de perda de carga localizada de alguns acessórios.

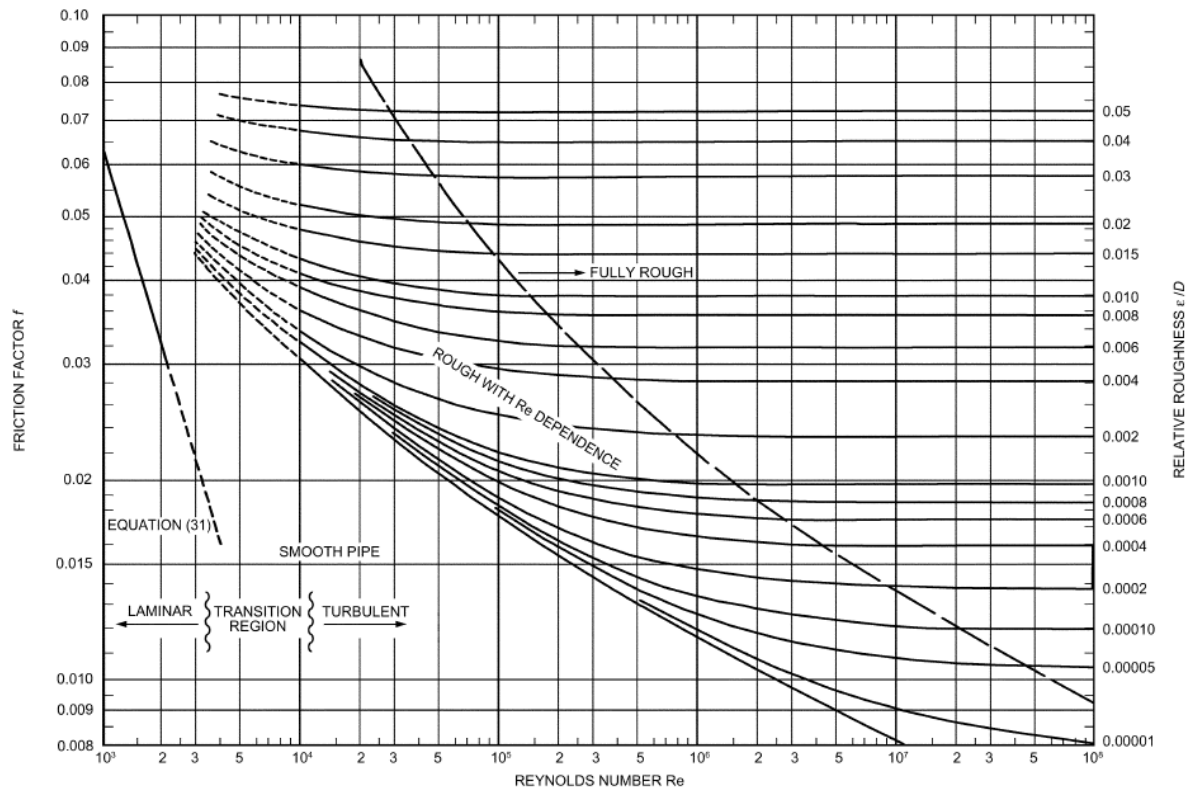


Figura 11: Diagrama de Moody

(Fonte: ASHRAE, 2017).

Tabela 8: Coeficientes de perda de carga localizada

Parâmetro	Unidade	Valor
Curva 90° com R/D = 1	****	0,25
Curva 45°	****	0,10
Registro de Veneziana	****	1
Eliminadores/Filtros	****	1
Derivações 90°	****	Principal = 0,15 Derivação = 0,64
Derivações 45°	****	Principal = 0,15 Derivação = 0,45
Coifas com cone	****	0,70
Estreitamento ($A_{\text{final}}/A_{\text{inicial}} = 0,65$)	****	0,48
Estreitamento ($A_{\text{final}}/A_{\text{inicial}} = 0,88$)	****	0,22
Grelha e Difusores	****	1,2

(Fonte: ASHRAE, 2017; Creder, 2004 e Macintyre, 1990).

3. METODOLOGIA

Este trabalho refere-se ao dimensionamento de um sistema de renovação de ar e ventilação exaustora de uma cozinha profissional de uma pizzaria localizada no município de Cascavel – PR, a cozinha possui 54,7 m² de área, 4,00 m de pé direito

e 218,8 m³ de volume interno, o layout da cozinha, indicando suas dimensões assim como a disposição e dimensão dos equipamentos de cocção são vistos na Figura 12.

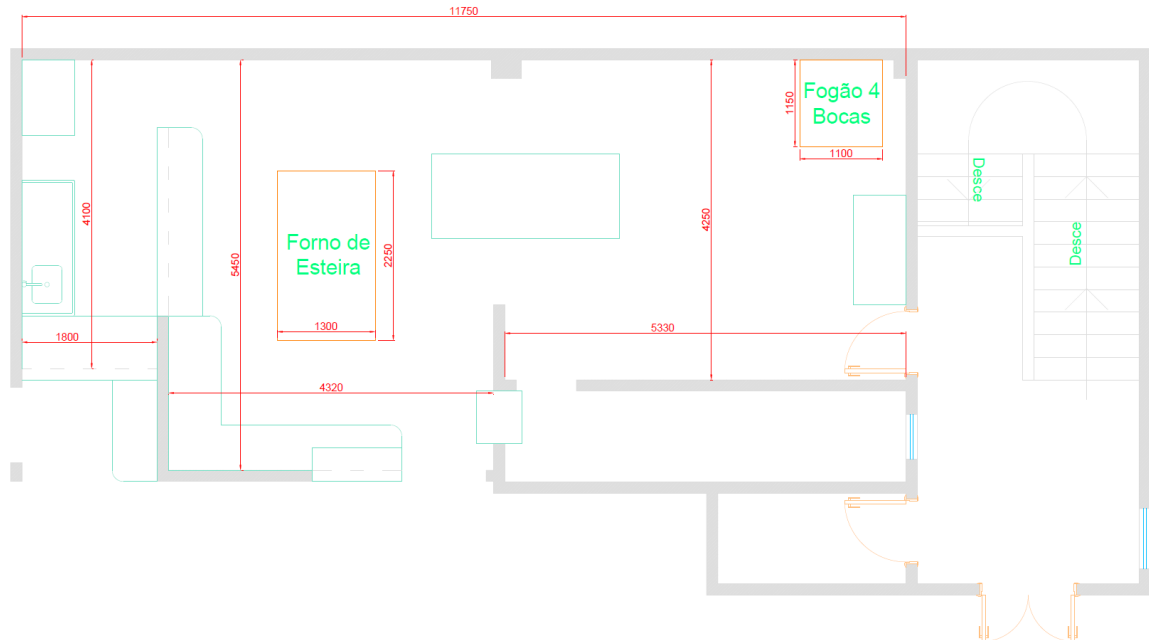


Figura 12: Layout da cozinha

(Fonte: Próprio autor, 2019).

Estão dispostos na cozinha, para os processos de cocção um fogão industrial a gás de quatro bocas, medindo 1,10 m de largura, 1,15 m de profundidade e 0,80 m de altura (Figura 13) e um forno contínuo a gás de esteira, com medidas 1,30 m de largura, 2,25 m de comprimento e 1,20 de altura (Figura 14).



Figura 13: Fogão Industrial 4 Bocas

(Fonte: Venâncio, 2019)



Figura 14: Forno Contínuo de Esteira

(Fonte: Tupasy, 2019).

3.1 CONDIÇÕES CLIMÁTICAS

A ABNT NBR 16401-1 (2008) estipula condições climáticas para projetos e apresenta uma tabela com as características climáticas de diversas cidades brasileiras, de onde são coletados dados das condições climáticas do projeto.

Conforme orienta a norma ABNT NBR 16401-1 (2008), para dimensionamento de sistemas de resfriamento/desumidificação de projetos comerciais ou residenciais, serão adotados os dados de temperatura de bulbo seco (TBS) e temperatura de bulbo úmido coincidente (TBUc) com frequência anual de 1% para a cidade de Foz do Iguaçu, uma vez que a norma não apresenta dados para a cidade de Cascavel.

Tendo as TBS e TBUc, determinou-se a massa específica do ar, através da carta psicrométrica, similar à da Figura 10, e a viscosidade cinemática, consultando a Tabela 7. Todos os dados acima citados estão expostos na Tabela 9.

Tabela 9: Dados climáticos e de escoamento

Parâmetro	Unidade	Valor
TBS	°C	34,1
TBU	°C	23,7
ρ	kg/m ³	1,12
ν	m ² /s	$1,72 \cdot 10^{-5}$

(Fonte: Fox; McDonald; Pritchard, 2014; ASHRAE, 2017 e NBR 16401-1, 2008)

3.2 CAPTORES

Conforme orienta a ABNT NBR 14518 (2019) os capttores ou coifas devem ter formato e posição o mais envolvente e próximo do foco das fontes de emissão possível, de maneira a minimizar as vazões processadas. A norma ainda estabelece os requisitos para o funcionamento dos diferentes tipos de coifas em suas respectivas aplicações, conforme visto no item 2.3.1 deste trabalho.

No sistema a ser dimensionado serão utilizados dois capttores, um para o fogão e um para o forno.

Quanto à vazão total da cozinha, a ABNT NBR 14518 (2019) recomenda, quando não se conhece a operação futura do local, que seja igual ou superior a 60 renovações por hora do volume da área operacional de cocção, valor utilizado com critério mínimo de vazão neste trabalho.

3.2.1 Captor do Fogão

Como o fogão fica encostado na parede, sua coifa será do tipo com uma lateral fechada, suas medidas deverão superar as medidas do fogão em 15 cm ou 30 cm em todas as direções livres, dependendo do método de determinação da vazão que prevalecer, como visto em 2.3.1. Deverá ser instalada a uma altura inferior a 1,20 metros da superfície de cocção do fogão, medindo a partir da borda inferior da coifa (Figura 3). Por se tratar de um equipamento onde há emissão de vapores de gordura e classificado como emissor de efluentes moderados, deve haver filtros inerciais para sua retenção, a base inferior dos filtros deverá ficar a uma distância mínima de 0,75 metros da superfície de cocção, uma vez que há exposição das chamas (ABNT NBR 14518, 2019, p. 13–36).

3.2.2 Captor do forno

Para o forno de esteira será utilizada uma coifa do tipo ilha simples, assim como na coifa do fogão, suas medidas deverão superar as medidas do forno em 15 cm ou 30 cm para cada lado, dependendo do método de determinação da vazão que prevalecer, como visto em 2.3.1. Também deverá ser instalada a uma altura inferior a

1,20 metros da superfície de cocção do forno, medindo a partir da borda inferior da coifa (Figura 2) e será necessária a utilização de filtros inerciais, a uma distância mínima de 0,50 metros da superfície de cocção do forno (ABNT NBR 14518, 2019, p. 13–36).

3.3 SISTEMA DE COMPENSAÇÃO DE AR EXAURIDO

Cumprindo com as orientações da ABNT NBR 14518 (2019), o projeto deverá prever sistema de suprimento forçado, por meios mecânicos do ar de compensação na cozinha, captado externamente por meio de ventilador de insuflamento, filtrado, conduzido através dos dutos e distribuído por difusores de ar de teto no interior da cozinha. A vazão total de ar insuflado na cozinha será equivalente a vazão exaurida,

Para garantir a qualidade do ar de insuflamento, a ABNT NBR 16401-3 (2008) recomenda a utilização de filtro de partículas classe 5. Já a seleção dos difusores de teto será feita com as tabelas de seleção da TROX do Brasil, disponível no site do fabricante, levando em conta as orientações da ABNT NBR 16401-2 (2008), relativos aos padrões de conforto térmico, assim como as dimensões e formato da cozinha, perdas de carga e emissões de ruído.

3.4 REDE DE DUTOS E ACESSÓRIOS

Optou-se pela utilização de dutos construídos em aço inoxidável de seção retangular, para a condução do ar exaurido no projeto em desenvolvimento, já os dutos de insuflamento serão de aço galvanizado, em ambos os casos, o dimensionamento foi realizado considerando as instruções com relação a velocidade de deslocamento do ar no interior do duto, dadas pela ABNT NBR 14518 (2019), apresentadas no item 2.3.5 deste trabalho, as vazões requeridas pelo sistema, obtidas no dimensionamento das coifas e através das equações (2), (3) e (4), também apresentadas no item 2.3.5 deste trabalho.

Estes valores foram obtidos através de uma planilha xmls, onde estas equações foram transcritas em fórmulas que possibilitaram a obtenção de seus resultados mais rapidamente.

3.4.1 Cálculo da perda de carga

A perda de carga é determinada com a auxílio da equação de Darcy-Weisbach (6), como orienta ASHRAE (2017).

O fator de perda de carga por atrito foi obtido utilizando o diagrama de Moody (Figura 11), que permite sua obtenção correlacionando - o com a rugosidade relativa do material que compõe os dutos e pelo número de Reynolds (ASHRAE, 2017, p. 3.7).

A rugosidade relativa do material do duto é a relação entre a rugosidade absoluta e o diâmetro hidráulico do duto $\frac{\varepsilon}{D_h}$, assumimos o valor de rugosidade absoluta do duto como sendo 0,00015, indicado para dutos de aço pela ASHRAE (2017).

O número de Reynolds é obtido através da equação (5).

O coeficiente de perda de carga localizada na seção do duto (C), possui valores tabelados, para curvas, venezianas, captosres, grelhas, registros e etc. Os valores dos coeficientes de perda de carga localizada para todos os tipos de acessórios utilizados neste trabalho estão expostos na Tabela 8.

Para determinação da perda de carga do sistema projetado, a rede de dutos foi subdividida em setores, na rede de exaustão são A1 e A2 os dutos ligados as tomadas de ar da coifa do forno, B o trecho entre a união dos dutos A1 e A2 e a junção com o duto C, C é o duto ligado a tomada de ar da coifa do fogão e o setor D é o trecho final da rede de dutos de exaustão. Para o insuflamento as seções são: 1a até 1h são os trechos iniciais conectados aos difusores, 2a é o trecho que alimenta os dutos 1a e 1b, 3a se subdivide para 1c,1d e 2a, 2b conecta 1e e 1f a 3b, que também recebe 1g e 1h 3a e 3b se unem ao trecho 4, que é a seção final do duto de insuflamento. Essa subdivisão pode ser observada no projeto apresentado no Anexo A deste trabalho.

O anexo B deste trabalho demonstra mais detalhadamente a somatória dos coeficientes C dos acessórios nas redes de dutos de exaustão e insuflamento. Os demais cálculos foram executados por duas planilhas xls, uma para exaustão e uma para insuflamento.

3.4.2 Acessórios

- Difusores

No sistema de insuflamento, o ar de compensação será disperso no ambiente por meio de 8 difusores de teto quadrados da marca TROX, modelo ADLQ, tamanho 8, com medidas 623 mm com as abas e 571 mm descontando as abas. Os difusores serão considerados no cálculo da perda de carga com um coeficiente de perda de carga localizada C igual a 1,2.

- Dampers

Nos dutos de exaustão serão utilizados três dampers controladores de vazão, um em cada união entre dutos e coifas, para garantir a equalização das vazões no sistema. Também será instalado um damper corta fogo na parede que divide a cozinha com o acesso às escadas, em concordância com a ABNT NBR 14518 (2019).

Já no insuflamento haverá um damper regulador de vazão em cada difusor de ar e um damper corta fogo na parede que divide o forro sobre a cozinha e a laje onde serão instalados os ventiladores.

O valor do coeficiente de perda de carga localizada utilizado para os dampers será igual a 1.

- Filtros Inerciais

Os filtros inerciais serão utilizados nas coifas para reter vapores de óleo, gordura e partículas em suspensão, sua contribuição para a perda de carga no sistema será através do coeficiente $C = 1$.

- Terminal de Descarga

Como a ABNT NBR 14518 (2019) estabelece que o terminal de descarga seja vertical e que descarregue o ar diretamente para cima, será feita opção pelo terminal do tipo “S”, para evitar a entrada de água no exaustor. Como este terminal consiste

em duas curvas de 45°, será desta forma que será contabilizado na soma dos coeficientes de perda de carga ($C = 0,10$).

- Portas de Inspeção

Serão instaladas portas de inspeção no máximo a cada 4 metros de duto e nos dutos com comprimento inferior a 4 metros, obedecendo o apresentado em ABNT NBR 14518 (2019).

3.5 VENTILADORES

A seleção do exaustor requeridos pelo sistema será realizada através de programa específico fornecido gratuitamente pela Projelmec, fabricante de ventiladores industriais.

Já o ventilador de insuflamento será obtido também por um programa de seleção, porém, disponibilizado e acessível exclusivamente através do site do fabricante, BerlinerLuft.

Para determinar um ventilador que atenda às necessidades da instalação, primeiramente são inseridos no respectivo programa, dados do sistema, tais como, vazão, pressão estática (perda de carga total), temperatura de operação e altitude, em seguida o programa apresenta uma lista de ventiladores, dos quais deverá ser selecionado o que for mais indicado. Ambos os programas apresentam também as curvas características dos ventiladores, para auxiliar na seleção do mais indicado.

Os ventiladores selecionados devem ser os que atenderem às recomendações da ABNT NBR 14518 (2019) e que apresentarem melhor rendimento, serão acrescidos 15% à pressão estática dos ventiladores, sobre o resultado final da perda de carga, para permitir uma eventual ampliação na rede de dutos, que por ventura se mostrar necessária.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 COIFAS

Ambas as coifas deverão ser construídas em aço inoxidável, com no mínimo 0,94 mm de espessura, possuir calhas para retenção de gordura e drenos tamponados para seu esgotamento. Todas as faces livres, tanto da coifa quanto dos filtros deverão ter inclinação de 45° com a horizontal, as faces que forem adjacentes à parede serão verticais.

4.1.1 Coifa do forno

Para calcular a vazão requerida para coifas do tipo ilha simples através do primeiro método de seleção proposto pela ABNT NBR 14518 (2019), devemos assumir que a coifa irá sobrepor o forno em todas as direções em 15 cm, sendo assim, ela irá 2,55 metros de comprimento por 1,6 metros de largura, o cálculo está demonstrado nas equações (8) e (9):

$$L = L_f + 2 * SL = 2,25 + 2 * 0,15 = 2,55 \text{ m}; \quad (8)$$

$$b = b_f + SF + ST = 1,3 + 0,15 + 0,15 = 1,6 \text{ m}. \quad (9)$$

Onde:

L = Comprimento da coifa (m);

b = Largura da base da coifa (m);

L_f = Comprimento do forno (m);

b_f = Largura da base do forno (m);

SL = Sobreposição lateral (m);

SF = Sobreposição frontal (m);

ST = Sobreposição traseira (m).

Conhecendo as medidas da coifa, o cálculo da vazão é efetuado através das equações (1), (10) e (11) com os dados apresentados em 2.3.1 deste trabalho, assim como a seguir:

$$A1 = L * b; \quad (10)$$

$$V1 = 0,64 \text{ m/s};$$

$$A2 = 2 (L + b) * H; \quad (11)$$

$$V2 = 0,25 \text{ m/s}.$$

Onde:

L = comprimento da coifa (m);

b = largura da base da coifa (m);

H = distância entre a superfície de cocção e a face inferior da coifa (m).

$$Q_1 = V_1 * A_1 = V_1 * L * b = 0,64 * 2,55 * 1,6 = 2,61 \text{ m}^3/\text{s} = 9396 \text{ m}^3/\text{h}; \quad (1)$$

$$Q_2 = V_2 * A_2 = V_2 * 2(L + b) * H = 0,25 * 2 * (2,55 + 1,6) * 0,7 = 1,45 \text{ m}^3/\text{s} \quad (1)$$

$$= 5220 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Pelo segundo método apresentado pela ABNT NBR 14518 (2019), considerando que a coifa deverá sobrepor o forno em 30 cm em todas as direções e, portanto, deverá medir 2,85 metros no comprimento e 1,90 metros na largura, como demonstrado nos cálculos a seguir, utilizando as equações (8) e (9):

$$L = Lf + 2 * SL = 2,25 + 2 * 0,3 = 2,85 \text{ m}; \quad (8)$$

$$b = bf + SF + ST = 1,3 + 0,3 + 0,3 = 1,9 \text{ m}. \quad (9)$$

Sabendo que o forno é um equipamento com emissão de efluentes moderados, buscamos a vazão por metro linear de coifas de ilha simples sem certificação (2790 m³/h) na Tabela 1, retirada da ABNT NBR 14518 (2019) e multiplicamos este valor pelo comprimento da coifa para obter a vazão total da coifa, como visto na equação (12):

$$Q = q_L * L = 2790 * 2,85 = 7951,5 \text{ m}^3/\text{h} = 2,21 \text{ m}^3/\text{s}. \quad (12)$$

Deve-se assumir o maior valor de vazão obtido entre os dois métodos, ou seja 2,61 m³/s ou 9396 m³/h. Assim a coifa do forno será do tipo ilha simples, com filtros inerciais, medindo 2,55 metros de comprimento, 1,60 metros de largura e 0,43 metros de altura. Esta coifa terá duas tomadas de ar, como representado no Anexo A.

Sendo assim a coifa do forno irá captar uma vazão de 2,61 m³/s ou 9396 m³/h de ar aquecido e contaminado, tanto pelo processo de cocção quanto pelo metabolismo humano, vazão esta que foi o maior valor encontrado entre os métodos de cálculo propostos pela ABNT NBR 14518 (2019), este volume de ar deverá ser readmitido pelo sistema de compensação de ar exaurido, para garantir a qualidade do ar no interior da cozinha, bem como o conforto e condições adequadas de trabalho de seus ocupantes.

4.1.2 Coifa do fogão

Para determinar a vazão da coifa do fogão, utilizando o primeiro método proposto pela ABNT NBR 14518 (2019), devemos primeiramente definir suas medidas, que irão superar as medidas do fogão em todas as direções não adjacentes a parede em 15 cm, como esta será uma coifa com uma face longitudinal fechada suas medidas serão 1,40 m de comprimento e 1,30 m de largura, como vemos a seguir, nas equações (8) e (9):

$$L = L_f + 2 * SL = 1,1 + 2 * 0,15 = 1,4 \text{ m}; \quad (8)$$

$$b = b_f + SF = 1,15 + 0,15 = 1,3 \text{ m}. \quad (9)$$

A vazão da coifa será determinada por meio da equação (1), (10) e (11), utilizando os dados apresentados em 2.3.1 deste trabalho para a determinação da área e da velocidade de face, que, segundo a ABNT NBR 14518 (2019) são adequados para coifas com lados fechados. São eles:

$$A1 = L * b; \quad (10)$$

$$V1 = 0,40 \text{ m/s};$$

$$A2 = (L + 2b) * H; \quad (11)$$

$$V2 = 0,25 \text{ m/s}.$$

$$Q_1 = V_1 * A_1 = V_1 * L * b = 0,4 * 1,4 * 1,3 = 0,73 \text{ m}^3/\text{s} = 2628 \text{ m}^3/\text{h}; \quad (1)$$

$$\begin{aligned} Q_2 &= V_2 * A_2 = V_2 * (L + 2b) * H = 0,25 * (2 * 1,3 + 1,4) * 1,1 \\ &= 1,1 \text{ m}^3/\text{s} = 3960 \text{ m}^3/\text{h}. \end{aligned} \quad (1)$$

Já pelo segundo método apresentado pela ABNT NBR 14518 (2019), como a coifa deverá sobrepor o fogão em 30 cm em todas as direções livres, medirá 1,70 metros no comprimento e 1,45 metros na largura, como demonstrado nos cálculos a seguir, utilizando as equações (8) e (9):

$$L = L_f + 2 * SL = 1,10 + 2 * 0,3 = 1,70 \text{ m}; \quad (8)$$

$$b = b_f + SF = 1,15 + 0,3 = 1,45 \text{ m}. \quad (9)$$

O fogão também é descrito como um equipamento com emissão de efluentes moderados pela ABNT NBR 14518 (2019), portanto buscamos a vazão por metro linear de coifas de parede sem certificação (1674 m³/h) na Tabela 2, e multiplicamos este valor pelo comprimento da coifa para obter a sua vazão total, como é visto na resolução da equação (12):

$$Q = 1674 * 1,7 = 2845,8 \text{ m}^3/\text{h} = 0,79 \text{ m}^3/\text{s}. \quad (12)$$

A coifa do fogão terá uma lateral fechada, filtros inerciais e medirá 1,40 metros de comprimento, 1,30 metros de largura e 0,65 metros de altura como representado no Anexo A. Uma única tomada de ar será suficiente para transportar a vazão de 1,1 m³/s ou 3960 m³/h de ar saturado, a maior vazão encontrada entre os métodos de cálculo propostos pela ABNT NBR 14518 (2019), conforme já demonstrado. O volume de ar apresentado deverá ser readmitido pelo sistema de compensação de ar exaurido, garantindo a qualidade do ar no interior da cozinha.

4.1.3 Vazão total

Para efeitos comparativos assumimos o valor de vazão recomendado pela ABNT NBR 14518 (2019) quando não se conhece a atividade da cozinha como valor mínimo, sendo assim, a soma das vazões das duas coifas (13356 m³/h) deve superar

as 60 renovações horárias do volume total da cozinha, o que fica confirmado pelos cálculos das equações (13) e (14):

$$Q_t = Q_{fn} + Q_{fg} = 2,61 + 1,1 = 3,71 \text{ m}^3/\text{s} = 13356 \text{ m}^3/\text{h}. \quad (13)$$

$$\frac{Q_t}{V_o} \geq 60 \therefore \frac{13356}{218,8} \geq 60 \therefore 61,04 > 60 \therefore \text{verdadeiro}. \quad (14)$$

4.2 SISTEMA DE COMPENSAÇÃO DE AR EXAURIDO

Serão adotados 8 difusores de ar de teto, modelo ADLQ tamanho 8, de 62,3x62,3 cm cada, da TROX do Brasil, sua distribuição no local foi planejada de forma a possibilitar uma homogeneidade na distribuição do ar, observando os dados de alcance e velocidade apresentados pelo fabricante no catálogo, buscando atender os limites de velocidade média na zona de ocupação da cozinha, apresentados pela ABNT NBR 16401-2 (2008), que deve ser de até 0,8 m/s.

Os principais critérios adotados para a seleção dos difusores foram a vazão e a velocidade do ar a uma distância de aproximadamente 2,5 metros do teto, região assumida como sendo a zona de ocupação da cozinha, uma vez que seu pé direito é de 4 metros, também foram observadas a perda de carga e emissão de ruídos, buscando obter os menores valores para ambos, desde que os critérios de vazão e velocidade fossem atendidos.

Como o sistema de compensação de ar exaurido deve suprir a mesma vazão de ar retirada pelo sistema de exaustão, sua vazão total Q_t também será de 13356 m^3/h , sendo assim a vazão de cada difusor será Q_t dividido pelo número de difusores, no caso do difusor selecionado, como é visto pela resolução da equação (15):

$$Q = \frac{Q_t}{n} = \frac{13356}{8} = 1669,5 \text{ m}^3/\text{h}. \quad (15)$$

O difusor selecionado foi o que apresentou dados mais próximos aos valores requeridos pelo sistema, como pode ser visto na Figura 17, que consiste em um recorte da tabela de seleção de difusores do catálogo do fabricante, disponível no site da TROX do Brasil. A distribuição dos difusores na cozinha está representada no projeto presente no Anexo A deste trabalho.

Dados técnicos calculados com registro aberto. Alcance para velocidade final mínima 0,3 m/s e a máxima 0,5 m/s (para pé direito de 3m).

Tamanho		4	5	6	7	8
m³/h	☐ colarinho	305	361	391	491	516
1400	V_{eff}	9	6,2	5,4	3,4	3,1
	Δp	5	2,3	1,7	0,7	0,6
	dB(A)	47	36	31	21	19
	Alc	4,2-7	3,5-6	3,3-5,5	2,6-4,4	2,5-4
1500	V_{eff}		6,6	5,8	3,7	3,3
	Δp		2,6	1,9	0,8	0,7
	dB(A)		38	34	24	20
	Alc		3,9-6,3	3,5-6	2,9-4,8	2,7-4,5
1750	V_{eff}		7,9	6,8	4,1	3,7
	Δp		3,5	2,7	1	0,8
	dB(A)		43	38	28	25
	Alc		4,5-7,5	4,2-7	3,3-5,5	3,2-5
2000	V_{eff}		9	7,6	4,7	4,4
	Δp		5	3,4	1,3	1,2
	dB(A)		48	41	31	31
	Alc		5-8,5	4,7-8	3,7-6	3,5-6
2250	V_{eff}			8,5	5,8	4,8
	Δp			4,2	1,7	1,4
	dB(A)			45	36	34
	Alc			5,2-9	4,3-7	4-6,6

V_{eff} = Velocidade efetiva em m/s
 Δp = Perda de carga em mmCA
 dB (A) = Nível sonoro
 Alc. = Alcance mínimo e máximo em metros

Figura 15: Difusor quadrado ADLQ

(Fonte: TROX, 2020)

Os dados apresentados na Figura 17 indicam que a uma vazão de 1750 m³/h o difusor selecionado irá apresentar, a uma distância de 3,2 a 5 metros, uma velocidade final de 0,3 a 0,5 m/s, considerando um pé direito de 3 metros de altura, a velocidade do ar na saída do difusor será de 3,7 m/s.

4.3 REDE DE DUTOS E ACESSÓRIOS

4.3.1 Dutos de Exaustão

Os dados obtidos para área da seção transversal dos dutos de exaustão, bem como seus comprimentos, velocidade de escoamento do ar, Coeficientes de perda de carga por atrito e localizada, perda de carga por setor e perda de carga total estão expostos na Tabela 10, onde L é o comprimento do duto e a e b são as medidas das laterais dos mesmos.

Tabela 10: Dados obtidos para seção transversal, velocidade e perda de carga na rede de dutos do sistema de exaustão

Parâmetro	Unidade	Setor				
		A1	A2	B	C	D
L	M	1,73	3	5,35	1,75	8
a	M	0,40	0,40	0,55	0,35	0,65
b	M	0,45	0,45	0,60	0,40	0,65
D_h	M	0,46	0,46	0,63	0,41	0,71
A	m ²	0,169	0,169	0,310	0,131	0,397
Q	m ³ /s	1,31	1,31	2,61	1,10	3,71
V	m/s	7,731	7,731	8,431	8,381	9,356
v	m ² /s	$1,72 \cdot 10^{-5}$	$1,72 \cdot 10^{-5}$	$1,72 \cdot 10^{-5}$	$1,72 \cdot 10^{-5}$	$1,72 \cdot 10^{-5}$
ε	M	0,00015	0,00015	0,00015	0,00015	0,00015
ε/D_h	****	$3,24 \cdot 10^{-4}$	$3,24 \cdot 10^{-4}$	$2,39 \cdot 10^{-4}$	$3,67 \cdot 10^{-4}$	$2,11 \cdot 10^{-4}$
ρ	Kg/m ³	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12
Re	****	$2,08 \cdot 10^5$	$2,08 \cdot 10^5$	$3,08 \cdot 10^5$	$1,99 \cdot 10^5$	$3,87 \cdot 10^5$
f	****	0,026	0,026	0,024	0,0258	0,0222
Σ_c	****	3,5	2,95	0,15	4,59	1,85
ΔP	mmCA	12,161	10,446	1,438	18,847	10,493
ΔP_t	mmCA	52,608				
$\Delta P_t + 15\%$	mmCA	60,499				

(Fonte: Próprio autor, 2020)

Como é visto na Tabela 10, a perda de carga total do sistema será de aproximadamente 52,6 mmCA, serão acrescidos 15% a esta perda de carga, para efeitos de seleção do exaustor, permitindo uma eventual expansão na rede de dutos.

O projeto no Anexo A deste trabalho apresenta as posições e localizações das portas de inspeção, dampers reguladores de vazão, damper corta fogo e terminal de descarga do sistema.

4.3.2 Dutos de Insuflamento

A Tabela 11 apresenta os dados referentes aos dutos de insuflamento, como área da seção transversal, comprimentos, velocidade de escoamento do ar, coeficientes de perda de carga por atrito e localizada, perda de carga por setor e perda de carga total, onde L é o comprimento do duto e a e b são as medidas das laterais dos mesmos.

A localização das portas de inspeção, damper corta fogo e reguladores de vazão nos dutos de insuflamento estão representados no projeto no Anexo A. A perda de carga total do sistema será de aproximadamente 23,3 mmCA, como é visto na Tabela 11, serão acrescidos 15% a esta perda de carga, para efeitos de seleção do ventilador, permitindo uma eventual expansão na rede de dutos.

Tabela 11: Dados obtidos para seção transversal, velocidade e perda de carga na rede de dutos do sistema de insuflamento

Prm t	Und	Setor												
		1a	1b	1c	1d	1e	1f	1g	1h	2a	2b	3a	3b	4
L	M	1,78	1,78	1,78	1,78	2,03	2,03	2,03	1,9	2,52	1,96	6,74	1,18	4,3
a	M	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,55	0,55	0,70	0,70	0,90
b	M	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
D _h	M	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,57	0,57	0,64	0,64	0,73
A	m ²	0,168	0,168	0,168	0,168	0,168	0,168	0,168	0,168	0,258	0,258	0,326	0,326	0,413
Q	m ³ /s	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,93	0,93	1,86	1,86	3,71
V	m/s	2,762	2,762	2,762	2,762	2,762	2,762	2,762	2,762	3,596	3,596	5,687	5,687	8,973
v	m ² /s	1,72*10 ⁻⁵	1,72*10 ⁻⁵	1,72*10 ⁻⁵	1,72*10 ⁻⁵	1,72*10 ⁻⁵	1,72*10 ⁻⁵	1,72*10 ⁻⁵	1,72*10 ⁻⁵	1,72*10 ⁻⁵	1,72*10 ⁻⁵	1,72*10 ⁻⁵	1,72*10 ⁻⁵	1,72*10 ⁻⁵
ε	M	0,00015	0,00015	0,00015	0,00015	0,00015	0,00015	0,00015	0,00015	0,00015	0,00015	0,00015	0,00015	0,00015
ε/D _h	****	3,24*10 ⁻⁴	3,24*10 ⁻⁴	3,24*10 ⁻⁴	3,24*10 ⁻⁴	3,24*10 ⁻⁴	3,24*10 ⁻⁴	3,24*10 ⁻⁴	3,24*10 ⁻⁴	2,62*10 ⁻⁴	2,62*10 ⁻⁴	2,33*10 ⁻⁴	2,33*10 ⁻⁴	2,07*10 ⁻⁴
ρ	Kg/ m ³	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12
Re	****	7,42*10 ⁴	7,42*10 ⁴	7,42*10 ⁴	7,42*10 ⁴	7,42*10 ⁴	7,42*10 ⁴	7,42*10 ⁴	7,42*10 ⁴	1,20*10 ⁵	1,20*10 ⁵	2,13*10 ⁵	2,13*10 ⁵	3,79*10 ⁵
f	****	0,0207	0,0207	0,0207	0,0207	0,0207	0,0207	0,0207	0,0207	0,0186	0,0186	0,0169	0,0169	0,0158
Σ _c	****	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	0,3	0,3	1,03	1,42	1,37
ΔP	mm CA	1,380	1,380	1,380	1,380	1,385	1,385	1,385	1,382	0,282	0,268	2,228	2,726	6,727
ΔP _t	mm CA	23,270												
+15 %	mm CA	26,760												

(Fonte: Próprio autor, 2020)

4.4 VENTILADORES

4.4.1 Ventilador do Sistema de Exaustão

Optou-se pela utilização do exaustor de modelo ILS-800, produzido pela Projelmec Ventiladores Industriais, trata-se de um exaustor centrífugo de simples aspiração com rotor do tipo limit load, que possui pás retas inclinadas para trás e o mancal do eixo do rotor montado fora do fluxo de ar, atendendo a orientação da ABNT NBR 14518 (2019). Este exaustor irá proporcionar uma vazão de 13400 m³/h com uma pressão estática de 60 mmCA, atendendo os requisitos do sistema, com uma folga de 15% na pressão estática.

O exaustor será acionado por um motor elétrico trifásico de 4 polos e 5 cv de potência, dos quais 4,2 cv serão consumidos. O rotor irá girar a 826 RPM, produzindo uma velocidade de descarga de 7,3 m/s, o rendimento total do conjunto é de 80,3%. A Figura 18 apresenta um recorte da tabela de seleção, presente na parte final do processo de seleção pelo programa disponibilizado pelo fabricante de exaustores Projelmec.

O exaustor será instalado em uma laje técnica localizada sobre a escadaria, conforme é observado no projeto presente no Anexo A deste trabalho.

ILS	450	500	560	630	710	800	900	1000	1120
Vazão m ³ /h	13400	13400	13400	13400	13400	13400	13400	13400	13400
Vd m/s	23.0	18.6	14.8	11.7	9.2	7.3	5.7	4.7	3.7
RPM 1/min	2646	2055	1588	1241	996	826	709	629	558
Rend %	55.2	63.3	70.8	76.6	80.0	80.3	78.2	75.3	72.2
PAbs.op CV	8.1	6.3	5.1	4.4	4.0	3.9	3.9	4.0	4.2
PAbs.std CV	8.7	6.7	5.5	4.7	4.3	4.2	4.2	4.3	4.5
Motor CV/P	10/4	7.5/4	7.5/4	6/4	5/4	5/4	5/4	5/4	5/4
LpA 1.5 m dBA ¹	87	82	79	76	73	71	71	72	74

Figura 16: Tabela de seleção de exaustores Projelmec

(Fonte: Projelmec, 2020).

4.4.2 Ventilador de Insuflamento

Será utilizado um ventilador centrífugo de dupla aspiração com rotor sirocco, que possui pás curvadas para a frente, de 13400 m³/h de vazão e 27 mmCA de pressão estática, pressão aproximadamente 15% maior do que a calculada, permitindo um aumento eventual na rede de dutos. O ventilador será acionado por um motor elétrico trifásico de 4 polos e 3 cv de potência dos quais aproximadamente 2 cv serão consumidos, a rotação da turbina do ventilador será de 424 RPM, a velocidade de descarga de ar é de 5,8 m/s e o rendimento de 70%.

O ventilador será montado em um gabinete de ventilação, de formato prismático, que fará com que o ar seja aspirado em uma única face, oposta à de descarga, onde será instalado o filtro de partículas classe 5, segundo a classificação da ABNT NBR 16401-3 (2008). Assim como o exaustor, o gabinete de ventilação será montado na laje técnica localizada sobre a escadaria, o que pode ser observado no projeto presente no Anexo A deste trabalho.

O conjunto gabinete de ventilação será do modelo BBS 630, fabricado pela BerlinerLuft. A Figura 19 apresenta um recorte da tabela de seleção, presente na parte final do processo de seleção pelo programa disponibilizado pelo fabricante.

Pás curvadas para frente										
Diâmetro	Rotação (rpm) ⓘ	Vel. descarga (m/s) ⓘ	Rendimento (%)	Pot. absorvida Operacional (kW) ⓘ	Pot. absorvida 20°C (kW) ⓘ	Pot. sonora total LwA (dB(A)) ⓘ	Pressão Sonora LpA 1m (dB(A)) ⓘ	Arranjos	Curva	Configurar
315 mm	1372	22,8	40	5,21	5,26	92	84	3		Configurar
355 mm	1029	18,1	43	3,84	3,88	88	80	3		Configurar
400 mm	796	14,5	49	2,89	2,92	84	75	3		Configurar
450 mm	647	11,5	58	2,19	2,21	80	72	3		Configurar
500 mm	540	9,1	64	1,80	1,82	77	69	3		Configurar
560 mm	474	7,3	69	1,59	1,60	76	68	3		Configurar
630 mm	424	5,8	70	1,50	1,52	76	68	3		Configurar
710 mm	380	4,6	68	1,51	1,53	77	69	3		Configurar
800 mm	333	3,7	65	1,56	1,58	78	70	3		Configurar
900 mm	293	2,9	61	1,66	1,67	81	73	3		Configurar

Figura 17: Tabela de seleção de gabinetes de ventilação BerlinerLuft

(Fonte: BerlinerLuft, 2020).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Feitos os cálculos e análises necessários, observou-se que, para haver um sistema de renovação de ar adequado, que cumpre com as determinações das normas e na medida do possível segue as recomendações de autores versados no tema, que são citados nas referências deste trabalho, são necessários 13400 m³/h, o que equivale a aproximadamente 61 renovações por hora, dos quais 9396 m³/h são destinados a captação dos efluentes do forno e 3960 m³/h a captação dos efluentes do fogão.

As medidas das coifas foram determinadas mediante os métodos de cálculo propostos pela ABNT NBR 14518 (2019) e Creder (2004), logo, segundo a norma, a coifa do fogão medindo 140x130x64,5 cm e a coifa do forno com 255x160x43,25 cm são suficientes para captar os efluentes emanados dos seus respectivos equipamentos de cocção.

Para suprir a vazão na boca de cada coifa, o exaustor deverá vencer uma pressão estática de 69 mmCA, com este propósito foi adotado o exaustor Projelmec ILS-800 com motor elétrico trifásico de 4 polos e 5 cv de potência, que possui esta capacidade, além de atender as exigências da ABNT NBR 14518 (2019), quanto ao tipo de rotor e posicionamento dos mancais, eixo, e acionamento mecânico.

O sistema de compensação de ar exaurido previsto, é do tipo forçado, como orienta a ABNT NBR 14518 (2019), alimentado pelo gabinete de ventilação BBS 630 da BerlinerLuft, com motor elétrico trifásico de 4 polos e 3 cv de potência, que irá insuflar 13400 m³/h a 27 mmCA, para atender a demanda de 1669,5 mmCA em cada um dos 8 difusores de ar de teto ADLQ tamanho 8, produzidos pela TROX do Brasil, que irão produzir uma dispersão do ar a não mais do que 0,8 m/s na zona de ocupação da cozinha.

De acordo com as normas adotadas e a bibliografia utilizada, o sistema de renovação de ar descrito acima deve ser suficiente para possibilitar a substituição do ar contaminado pelos efluentes oriundos dos processos de cocção da cozinha por ar fresco, proveniente do ambiente externo e assim, viabilizar a boa qualidade do ar na referida cozinha, proporcionando um ambiente de trabalho saudável, seguro e dentro dos padrões de conforto recomendáveis.

É importante salientar que os elementos de prevenção e proteção contra incêndio que não interfiram diretamente no desempenho do sistema de renovação de

ar não foram abordados neste trabalho, uma vez que exigem colaboração e integração com projetos arquitetônicos, elétricos entre outros, assim como treinamentos e práticas operacionais na cozinha.

6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Sugere-se para complementar os resultados obtidos neste trabalho que sejam realizadas as seguintes pesquisas:

- Balanceamento de um sistema de renovação de ar de cozinha profissional, realizando as medições das vazões obtidas nas devidas seções dos dutos e regulagem por meio dos dampers e controle de rotação do motor.
- O uso de coifas lavadoras de gases em sistemas de renovação de ar de cozinhas profissionais, medindo sua eficiência no tratamento dos efluentes de cocção, assim como seus efeitos em termos de aumento de perda de carga e potência absorvida pelo motor.
- O uso de filtros de gordura em coifas de cozinhas profissionais, medindo sua eficiência na extração de gordura e os efeitos na perda de carga e potência absorvida pelo motor.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING. **ASHRAE Handbook: Fundamentals**. Atlanta: 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14518**: Sistemas de ventilação para cozinhas profissionais. Rio de Janeiro, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16401-1**: Instalações de ar condicionado – Sistemas centrais e unitários - Parte 1: Projetos das instalações. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16401-3**: Instalações de ar condicionado – Sistemas centrais e unitários - Parte 3: Qualidade do ar interior. Rio de Janeiro, 2008.

AZEVEDO, L. G. de; BARBOSA, E. A.; SILVA, L. B. da. Avaliação das condições de conforto e percepção térmica no posto de trabalho da cozinha de um restaurante do tipo industrial. In: **Anais do XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, 2005, Porto Alegre. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO), 2005.

BAPSTISTA, F. M. **Ventilação de Cozinhas Profissionais: Ambiente Térmico e Qualidade do Ar**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Coimbra. Disponível em: <<https://eg.uc.pt/bitstream/10316/20633/1/tese-pedrocarneiro.pdf>> Acesso em: 06 set. 2019.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Portaria MTb n. ° 3.214**. Publicada em 08 de junho de 1978. Atualizada até a portaria SIT n. ° 291, de 08 de dezembro de 2011. NR 15 – Atividades e Operações Insalubres, 2011.

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

CREDER, H. **Instalações de Ar-Condicionado**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

FOX, R. W; MCDONALD, A. T; PRITCHARD, P. J. **Introdução à Mecânica dos Fluidos**. 8. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de Conforto Térmico**. 8. Ed. São Paulo: Studio Nobel, 2007.

GARCIA, A. G. P. **Impacto da Lei de Eficiência Energética para Motores Elétricos no Potencial de Conservação de Energia na Indústria**. 2003. Tese (Mestrado em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro-UFRJ, Rio de Janeiro.

LEAL, I. M. B. D. **Análise e Dimensionamento do Sistema de Ventilação da Cozinha do IFPI – Teresina Central**. 2018. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí-IFPI, Piauí.

MACINTYRE, A. J. **Ventilação Industrial e Controle da Poluição**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1990.

ANEXO A: PROJETO DE RENOVAÇÃO DE AR DA COZINHA PROFISSIONAL DE UMA PIZZARIA

ANEXO B: SOMATÓRIO DOS COEFICIENTES DE PERDA DE CARGA LOCALIZADA PARA CADA SETOR DA REDE DE DUTOS

Setor A1:

Acessório	Quantidade	C
Coifa	1	0,7
Filtro	****	1
Damper	1	1
Curva 90°	1	0,25
Curva 45°	1	0,1
Junção em Y (derivação)	1	0,45
Total	3,5	

Setor A2:

Acessório	Quantidade	C
Coifa	1	0,7
Filtro	****	1
Damper	1	1
Curva 90°	1	0,25
Total	2,95	

Setor B:

Acessório	Quantidade	C
Junção em Y (principal)	1	0,15
Total	0,15	

Setor C:

Acessório	Quantidade	C
Coifa	1	0,7
Filtro	****	1
Damper	2	1
Curva 90°	1	0,25
Junção em T (derivação)	1	0,64
Total	4,59	

Setor D:

Acessório	Quantidade	C
Damper	1	1
Curva 90°	2	0,25
Curva 45°	2	0,1
Junção em Y (principal)	1	0,15
Total	1,85	

Setores de 1a a 1h:

Acessório	Quantidade	C
Difusor	1	1,2
Damper	1	1
Curva 90°	1	0,25
Junção em T (derivação)	1	0,64
Total	3,09	

Setores 2a e 2b:

Acessório	Quantidade	C
Junção em T (principal)	2	0,15
Total	0,30	

Setor 3a:

Acessório	Quantidade	C
Estreitamento ($A_{final}/A_{inicial} = 0,65$)	1	0,48
Curva 90°	1	0,25
Junção em T (principal)	2	0,15
Total	1,03	

Setor 3b:

Acessório	Quantidade	C
Estreitamento ($A_{final}/A_{inicial} = 0,65$)	1	0,48
Junção em T (derivação)	1	0,64
Junção em T (principal)	2	0,15
Total	1,42	

Setor 4:

Acessório	Quantidade	C
Estreitamento ($A_{\text{final}}/A_{\text{inicial}} = 0,88$)	1	0,22
Damper	1	1
Junção em T (principal)	1	0,15
Total	1,37	