

CENTRO UNIVERSITÁRIO FAG
MATEUS COLLA

**PROJETO DE UM SISTEMA DE AQUECIMENTO E BOMBEAMENTO DE ÁGUA
PARA A REMOÇÃO DA GORDURA RESIDUAL DO PROCESSO DE COZIMENTO
DA SALSICHA**

CASCABEL
2018

CENTRO UNIVERSITÁRIO FAG
MATEUS COLLA

**PROJETO DE UM SISTEMA DE AQUECIMENTO E BOMBEAMENTO DE ÁGUA PARA A REMOÇÃO DA
GORDURA RESIDUAL DO PROCESSO DE COZIMENTO DA SALSICHA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial de avaliação para a obtenção do título de engenheiro mecânico pelo Centro Universitário FAG.

Professor Orientador: Sergio Henrique Rodrigues Mota.

Professor Coorientador: Eliseu Avelino Zanella Junior

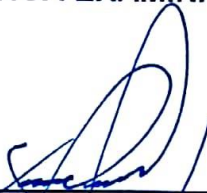
CASCADEL
2018

CENTRO UNIVERSITÁRIO FUNDAÇÃO ASSIS GURGACZ
MATEUS COLLA

**PROJETO DE UM SISTEMA DE AQUECIMENTO E BOMBEAMENTO DE
ÁGUA PARA A REMOÇÃO DA GORDURA RESIDUAL DO PROCESSO DE
COZIMENTO DA SALSICHA**

Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário FAG, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica sob orientação do Professor Msc. Sergio Henrique Rodrigues Mota.

BANCA EXAMINADORA



Orientador Msc. Sergio Henrique Rodrigues Mota.
Centro Universitário Da Faculdade Assis Gurgacz – FAG
Engenheiro Mecânico



Professor Msc. Eliseu Avelino Zanella Junior.
Centro Universitário Da Faculdade Assis Gurgacz – FAG
Engenheiro Mecânico



Professor Ronaldo Tansini.
Centro Universitário Da Faculdade Assis Gurgacz – FAG
Engenheiro Eletricista

Cascavel, 06 de dezembro de 2018

AGRADECIMENTOS

Agradecer inicialmente a Deus, por ter me guiado e me dado força durante toda essa caminhada.

A meus pais Ivo e Inelves, por sempre me incentivarem e me apoiarem em todas as escolhas.

A minha namorada, por todo o comprometimento e esforço.

A todos os professores que fizeram parte da minha formação, pelo incentivo e aprendizado nesta jornada e, principalmente, ao meu orientador Sergio Henrique Rodrigues Mota e Coorientador Eliseu Zanella Junior por todo suporte e dedicação no desenvolvimento deste Trabalho de Conclusão de Curso.

RESUMO

Com a constante busca pelo aumento no volume de produção, juntamente com normas cada vez mais robustas em relação à segurança do trabalho, é crescente a preocupação das empresas em encontrar formas de conciliar as duas necessidades. Sendo assim, o presente trabalho tem o objetivo de solucionar um problema encontrado no tingimento da salsicha, após a modificação de seu processo de descascamento, devido a possíveis riscos de queimaduras no operador do equipamento. A idéia consiste em projetar um trocador de calor para aquecimento da água associado a um sistema de bombeamento para a aspersão na salsicha. O referencial aborda temas relacionados à produção de aves, conceitos sobre embutidos e sua produção na indústria, histórico de acidentes de trabalhos, conceitos térmicos e hidráulicos. A metodologia da pesquisa aborda conceitos de termodinâmica, ao final da qual se notou que é possível projetar o sistema com as variáveis disponíveis na indústria e requeridas pelo processo.

PALAVRAS CHAVE: Termodinâmica, Acidentes de trabalho, aspersão.

ABSTRACT

With the constant search for an increase in the volume of production, together with increasingly robust standards for work safety, companies need to think more and more about ways to reconcile the two needs. The present work has the objective of solving a problem encountered in the dyeing of the sausage, after the modification of its peeling process, due to possible risks of burns in the equipment operator. The idea is to design a heat exchanger for heating the water associated with a pumping system for sprinkling the sausage. The referential covers topics related to poultry production, concepts about sausages and their production in industry, history of work accidents, thermal and hydraulic concepts. The methodology of the research approaches concepts of thermodynamics, at the end of which it was noticed that it is possible to design the system with the variables available in the industry and required by the process.

KEY WORDS: Thermodynamics, Accidents at work, sprinkling.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Produção e exportação de carnes do Brasil comparado com o mundo em 2016	13
Figura 2 – Volume de exportação e receita em 2016	14
Figura 3 – Produção de frango no Brasil em milhões de toneladas.	14
Figura 4 – Percentual de abate de frango por estado em 2016.....	15
Figura 5 – Consumo de carnes e ovos por pessoa - 2016.....	16
Figura 6 – Embutideira Hitec M3X.....	17
Figura 7 – Salsicha após o processo de embutimento.	17
Figura 8 – Estufa Maurer- Atmos.....	18
Figura 9 – Vista frontal descascador.	19
Figura 10 – Chillers de tingimento.	19
Figura 11 – Esteira com sistema de umidificação.	20
Figura 12 – Bicos já instalados para umidificação.....	21
Figura 13 - Número de acidentes de trabalho em seus respectivos anos.....	22
Figura 14 – Acidentes registrados em indústrias de alimentos e bebidas em seus respectivos anos.	23
Figura 15 – Número de acidentes com queimaduras em seus respectivos anos.	23
Figura 16 - Rotor bomba centrífuga.	25
Figura 17 – Bomba centrífuga KSB - Megabloc.....	26
Figura 18 – Dimensionamento da Bomba	26
Figura 19 – Exemplo de um sistema de aspersão industrial.....	27
Figura 20 – Teste utilizado por Reynolds.....	28
Figura 21 – Limites obtidos por Reynolds	29
Figura 22 – Rugosidade equivalente	30
Figura 23 – Diagrama de Moody-Hunter	31
Figura 24 – Coeficientes de perda de Carga.....	32
Figura 25 – Trocador de Calor.	34
Figura 26 – Troca térmica por condução.....	35
Figura 27 – Sensor para medição de temperatura PT100.....	41
Figura 28 – Multicalibrador Cappo Xp	41
Figura 29 – Medição da temperatura da água.....	42
Figura 30 – Bico de Umidificação LECHLER 460.568.30.CE.....	44
Figura 31 – Área umidificada da esteira.....	45
Figura 32 – Fator de atrito no diagrama de Rouse e Moody	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição aço inox 304.....	38
Tabela 2 – Pressão e vazão bico LECHLER 460.568.30.CE	45
Tabela 3 – Medições temperatura inicial da água.	49

LISTA DE EQUAÇÃO

Equação 1 – Número de Reynolds	28
Equação_2 – Equação de Darcy-Weisbach	29
Equação_3 – Rugosidade Relativa	30
Equação_4 – Perda de carga localizada.....	32
Equação_5 – Equação de Bernoulli.....	33
Equação_6 – Número de Nusselt.....	35
Equação_7 – Numero de Nusselt em regime Turbulento.....	36
Equação_8 – Temperatura média logarítmica	37
Equação_9 – Lei do resfriamento de Newton	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABPA - Associação Brasileira de Proteína Animal.

AISI - American Iron and Steel Institute.

CAT – Comunicação de acidente de trabalho

CNI - Confederação nacional da indústria

NR - Norma Regulamentadora

PeD - Planejamento e desenvolvimento.

PIB – Produto interno bruto

SESMET - Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	OBJETIVOS.....	11
1.1.1.	OBJETIVO GERAL	11
1.1.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
1.2	JUSTIFICATIVA	11
1.4	DELIMITAÇÕES DA PESQUISA.....	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
2.1	INDÚSTRIA.....	13
2.1.1.	AVICULTURA.....	13
2.1.2.	EMBUTIDOS.....	16
2.2	PROCESSO ATUAL.	16
2.2.1.	SALA DE EMBUTIMENTO	16
2.2.2.	SALA DE COZIMENTO.....	18
2.2.3.	SALA DE DEPILAÇÃO E EMBALAGEM	18
2.3	ESTRUTURA PRÉ-EXISTENTE	20
2.4	ACIDENTES DE TRABALHO	21
2.5	TRECHO NR36.....	24
2.6	BOMBEAMENTO.....	24
2.6.1.	BOMBAS CENTRÍFUGAS	24
2.6.2.	DIMENSIONAMENTO DA BOMBA.....	26
2.6.3.	MOTOR ELÉTRICO	27
2.6.4.	ASPERSÃO	27
2.6.5.	NÚMERO DE REYNOLDS.....	28
2.6.6.	PERDA DE CARGA DISTRIBUÍDA.....	29
2.6.7.	PERDA DE CARGA LOCALIZADA.....	31
2.6.8.	EQUAÇÃO DE BERNOULLI	33
2.7	TROCADORES DE CALOR.....	33
2.7.1.	TROCA TÉRMICA POR CONVECÇÃO.....	34
2.7.2.	TROCA TÉRMICA POR CONDUÇÃO.....	34
2.7.3.	NÚMERO DE NUSSELT.....	35
2.7.4.	NÚMERO DE PRANDLT.....	36
2.7.5.	TEMPERATURA MÉDIA LOGARÍTMICA	36

2.7.6.	LEI DE NEWTON DO RESFRIAMENTO.....	37
2.8	VAPOR.....	37
2.9	AÇO INOX.....	38
3	METODOLOGIA	40
3.1	TROCADOR DE CALOR	40
3.1.1.	SENSOR DE TEMPERATURA.....	40
3.1.2.	CÁLCULO TROCADOR DE CALOR	42
3.2	BOMBEAMENTO	44
3.2.1.	BICOS PARA UMIDIFICAÇÃO	44
3.2.2.	DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO	45
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	49
5	CONCLUSÃO	50
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51

1 INTRODUÇÃO

Com a constante busca pelo aumento no volume de produção, juntamente com normas cada vez mais robustas com relação à segurança do trabalho, é crescente a preocupação das empresas em encontrar formas de conciliar as duas necessidades.

Dessa forma, buscando a extinção de uma possível causa de acidentes envolvendo queimaduras, um dos processos de produção de salsicha teve que ser alterado, surgindo assim uma anomalia no tingimento da salsicha, ocasionando o reprocesso do produto. A ideia diante desses fatos foi projetar um trocador de calor para o aquecimento da água, juntamente com um sistema de bombeamento para a umidificação da salsicha.

Segundo Brasil (2016), no ano de 2016 foram registrados 578.935 acidentes de trabalho no Brasil, sendo 40.752 deles registrados em indústrias de produtos alimentícios e bebidas e 6.146 acidentes envolvendo algum tipo de queimadura no Brasil.

Para Çengel e Ghajar (2012), os trocadores de calor são dispositivos que facilitam a troca de calor entre dois fluidos que estão em diferentes temperaturas, não permitindo a mistura dos dois. No caso deste trabalho os fluidos envolvidos na troca térmica serão o vapor e a água.

De acordo com Spirax Sarco (2018), o vapor apresenta uma vasta aplicação nas indústrias e tem como grande vantagem em sua utilização o baixo custo de produção, uma vez que é obtido a partir da água, sendo um fluido de baixo custo e de fácil acesso. Além disso, é considerado um ótimo condutor de energia, fácil de ser transportado e fornece um bom controle de temperatura com a utilização de sistemas de controle.

Sabe-se que o dimensionamento de um sistema de aquecimento e bombeamento envolve como parâmetros básicos a temperatura inicial do fluido, temperatura do vapor, temperatura final desejada, volume de água a ser aquecido e pressão necessária nos bicos de umidificação. Desse modo, a tarefa final consiste em calcular a troca térmica necessária para o aquecimento da água, determinando assim um trocador de calor e, também, em mensurar um sistema de bombeamento para a pressão e vazão necessárias nos bicos de umidificação.

1.1 OBJETIVOS

Segundo Marconi e Lakatos (2003, p.155), “A pesquisa é um procedimento formal, com método de pensamento reflexivo, que requer um tratamento científico e se constitui no caminho para conhecer a realidade ou para descobrir verdades parciais”.

1.1.1. Objetivo Geral

O objetivo do presente trabalho é desenvolver um sistema de aquecimento e bombeamento de água, a fim de remover a gordura residual do processo de cozimento da salsicha.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Realizar coleta de dados: temperatura de entrada e temperatura requerida da água e vazão de água requerida na estrutura já existente.
- Realizar cálculos térmicos: troca térmica entre trocador de calor e fluido; troca térmica entre recipiente do fluido e ambiente em que ele está exposto.
- Dimensionar o sistema de bombeamento para a água a partir da vazão e pressão necessárias pelos bicos pulverizadores.

1.2 JUSTIFICATIVA

O processo de descascamento da salsicha era realizado utilizando-se vapor, porém foram identificados problemas nesse método, dentre eles a possibilidade de choque térmico e queimaduras nos colaboradores envolvidos na tarefa. Segundo Brasil (2013), a NR36 trata da segurança e saúde no trabalho em empresas de abate e processamento de carnes e derivados, sendo que entre os tópicos se destaca e afirma no que refere ao conforto térmico:

NR36. 9.5.1 Devem ser adotadas medidas preventivas individuais e coletivas, técnicas, organizacionais e administrativas, em razão da exposição em ambientes artificialmente refrigerados e ao calor excessivo, para proporcionar conforto térmico aos trabalhadores.

Dessa forma, por ordem do SESMET, tal processo foi alterado. Sendo assim, no lugar do vapor, começou a utilizar-se ar comprimido, o que gerou outro transtorno, a gordura residual do processo de cozimento, que compromete o processo de tingimento da salsicha.

1.3 CARACTERIZAÇÕES DO PROBLEMA

É possível projetar um sistema térmico, considerando as variáveis necessárias e condições disponíveis?

1.4 DELIMITAÇÕES DA PESQUISA

Esta pesquisa será realizada em um frigorífico localizado na região oeste do Paraná, no processo de depilação da salsicha, em uma esteira de alimentação do produto para o chiller de tingimento e delimita-se em analisar livros e normas para desenvolver um projeto para remoção da gordura residual do processo de cozimento da salsicha.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 INDÚSTRIA

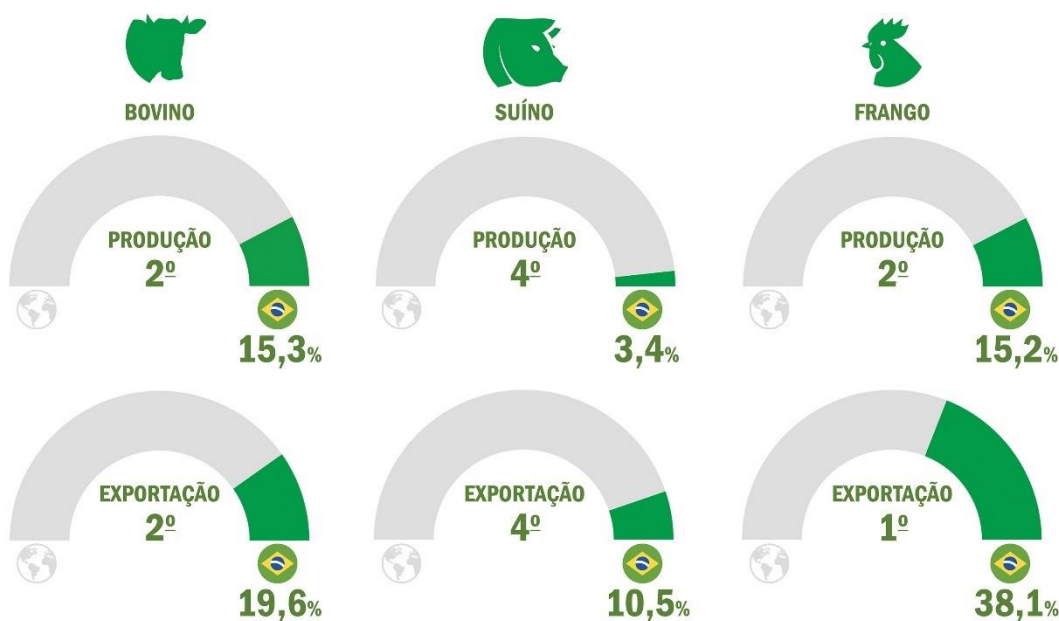
Segundo CNI (2018), a indústria no mês de janeiro de 2018, teve uma representação de 21% do PIB do Brasil e é responsável por 51% das exportações. Com cada R\$ 1,00 produzido nas indústrias, são gerados R\$ 2,32 na economia como um todo. Nos demais setores, o valor gerado é menor: R\$ 1,67 na agricultura e R\$ 1,51 nos comércio e serviço.

2.1.1. Avicultura

Segundo a ABPA (2018), a avicultura brasileira gera cerca de 3.5 milhões de empregos, cerca de 350 mil trabalham diretamente em plantas frigoríficas, já no campo são mais de 130 mil famílias proprietárias de aviários.

A ABPA (2018), também afirma que o mercado brasileiro de frango é o segundo maior produtor mundial, a figura 1, mostra um comparativo da produção e exportação de algumas carnes no cenário mundial.

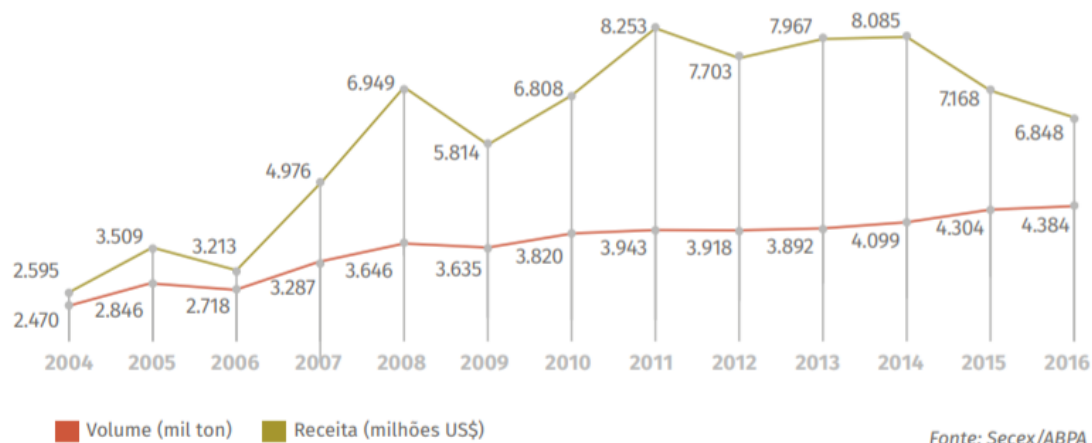
Figura 1 – Produção e exportação de carnes do Brasil comparado com o mundo em 2016



Fonte: (ABPA, 2018)

Na imagem 2, pode-se notar o volume produzido de carne de frango e sua respectiva receita em milhões de dólares no mercado externo, podemos observar que o volume de produção está em um constante aumento, mesmo com o faturamento caindo desde 2014.

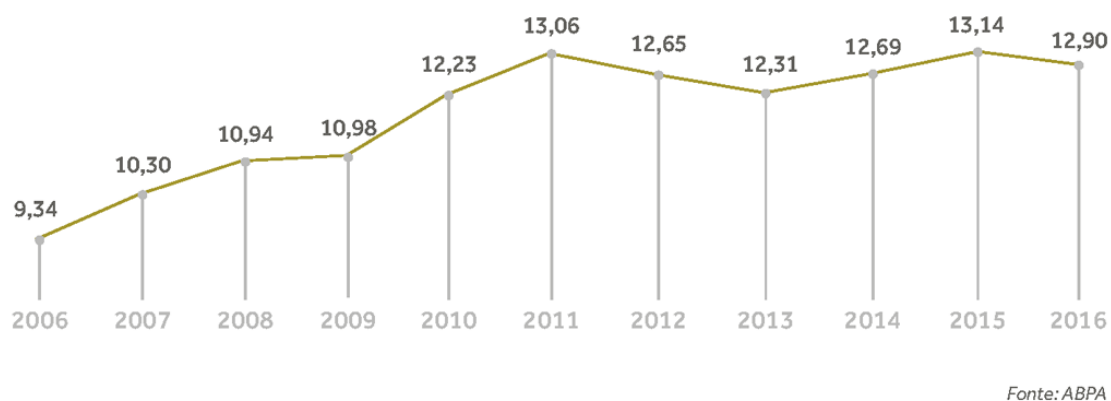
Figura 2 – Volume de exportação e receita em 2016



Fonte: (ABPA, 2018)

Na ilustração 3, temos um histórico de produção da carne de frango no Brasil no intervalo de tempo de 2006 a 2016.

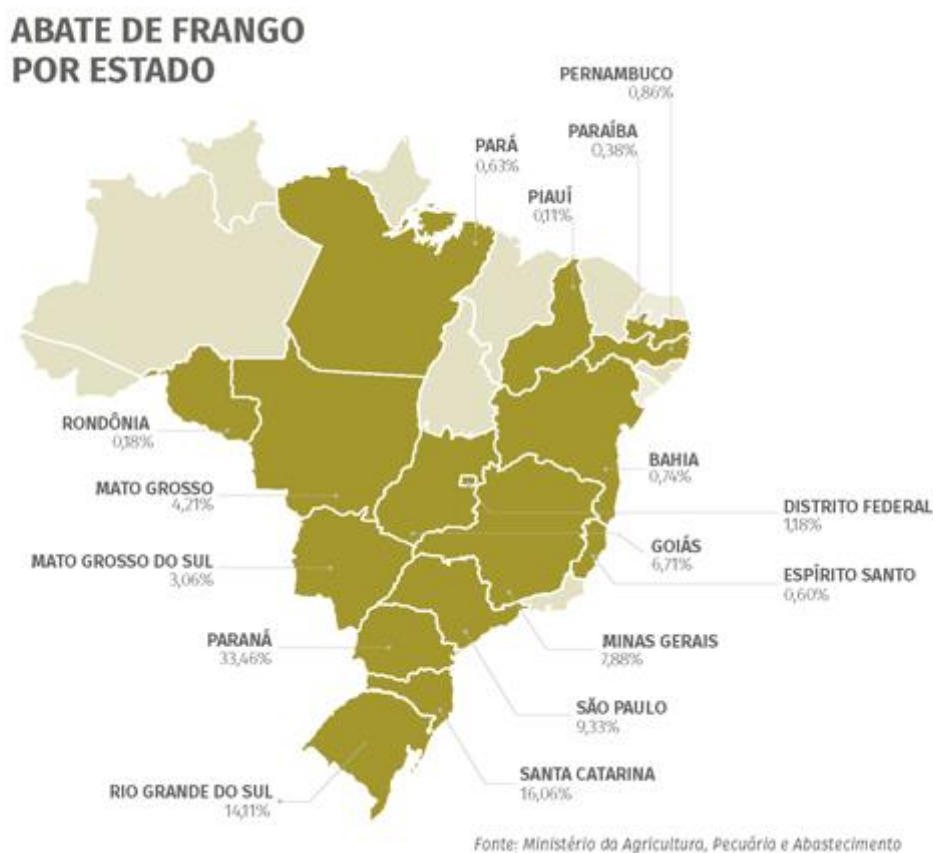
Figura 3 – Produção de frango no Brasil em milhões de toneladas.



Fonte: (ABPA, 2018)

Com a figura 4, é possível notar a participação de cada estado na produção de carne de frango no Brasil, com um destaque para o Paraná, responsável pela produção de 33,46% (4,31 milhões de toneladas) do total produzido nacionalmente, ocupando assim a primeira colocação no ranking de produção e com uma vantagem significativa em relação ao segundo colocado que é o estado de Santa Catarina com uma produção de 16,06% do total (2,07 milhões de toneladas).

Figura 4 – Percentual de abate de frango por estado em 2016



Fonte: (ABPA, 2018)

A figura 5, mostra um comparativo do consumo de alguns tipos de carnes e ovos, nota-se que a maior quantidade de carne consumida pelos brasileiros em 2016 foi a de frango, totalizando 41kg por pessoa:

Figura 5 – Consumo de carnes e ovos por pessoa - 2016



Fonte: (ABPA, 2018)

2.1.2. Embutidos

Para Brasil (1952), os embutidos são alimentos elaborados com carnes ou órgãos comestíveis. A Embrapa (2018), afirma que embutidos são produzidos a partir da moagem de carne, que pode variar de granulometria, entre grossa e fina, conforme o produto fabricado. Esse produto é acondicionado em envoltórios ou tripas que podem ser naturais ou artificiais e têm por finalidade a proteção de influências externas. Eles podem ser divididos entre embutidos cárneo frescos, que são aqueles que devem ser consumidos em um curto intervalo de tempo e embutidos emulsionados que se encaixam as mortadelas e salsichas.

2.2 PROCESSO ATUAL.

2.2.1. Sala de embutimento

Na sala de embutimento se inicia o processo de embutimento da salsicha, onde as três embutideiras Hitec M3X, que estão ilustradas na imagem 6, e são responsáveis pela produção de 65 toneladas de salsicha por dia, divididos em dois turnos diários.

Figura 6 – Embutideira Hitec M3X.



Fonte: (FIMACH, 2018)

As embutideiras Hitec M3X são responsáveis por fazer a dosagem do produto e também a torção da tripa para a salsicha adquirir o formato que encontramos nos estabelecimentos de venda. A figura 7, mostra a salsicha após o processo de embutimento.

Figura 7 – Salsicha após o processo de embutimento.



Fonte: Próprio autor.

2.2.2. Sala de cozimento

Após o processo de embutimento a salsicha segue para a sala de cozimento, onde estão localizadas as estufas Maurer-Atmos de cozimento e resfriamento, nessas estufas o produto é cozido utilizando o vapor e em seguida resfriado até a temperatura ambiente utilizando amônia. A imagem 8 mostra a estufa Maurer-Atmos.

Figura 8 – Estufa Maurer- Atmos



Fonte: (MAURER-ATMOS, 2018)

2.2.3. Sala de depilação e embalagem

Depois do processo de cozimento o produto segue para a sala de depilação e embalagem, onde quatro descascadores de salsicha Hitec Sabre – 20 são responsáveis pela remoção da tripa do produto, neste processo a remoção da película é feito utilizando ar comprimido. A figura 9 mostra o descascador de salsicha Sabre-20, o ponto circulado em vermelho na imagem mostra a antiga entrada de vapor, atual entrada de ar comprimido.

Figura 9 – Vista frontal descascador.



Fonte: HITEC, adaptado pelo autor (2017)

Após esse processo a salsicha segue para os chillers de tingimento, ilustrado na figura 10, que tem por sua vez a função de aplicar e fixar o corante na salsicha, neste processo o produto fica por um determinado tempo até adquirir a cor desejada.

Figura 10 – Chillers de tingimento.



Fonte: Próprio autor.

Em seguida o produto é devidamente embalado, congelado ou resfriado e destinado ao comércio.

2.3 ESTRUTURA PRÉ-EXISTENTE

Para esse trabalho será analisada a possibilidade da utilização de uma estrutura já existente visando uma economia nos custos do projeto, essa estrutura é mostrada na imagem 11.

Figura 11 – Esteira com sistema de umidificação.



Fonte: Próprio autor.

Essa esteira atualmente é utilizada apenas para a umidificação do produto, utilizando a água em temperatura ambiente. A intenção do projeto é a utilização desse sistema para retirada da gordura residual. Segundo informações cedidas pelo PeD da empresa a temperatura ideal para essa remoção da gordura é de aproximadamente 80 ° C. A esteira conta com quatro bicos que fazem a umidificação, que podem ser visualizados na figura 12.

Figura 12 – Bicos já instalados para umidificação.



Fonte: Próprio autor.

A partir disso foram coletados os dados de vazão e pressão necessários para o funcionamento do sistema, para assim efetuar o dimensionamento da bomba.

2.4 ACIDENTES DE TRABALHO

Para Brasil (1991), conceitua-se acidente de trabalho como:

Acidente de trabalho é o que ocorre pelo exercício do trabalho a serviço da empresa ou pelo exercício do trabalho dos segurados referidos no inciso VII do art. 11 desta lei, provocando lesão corporal ou perturbação funcional que cause a morte ou a perda ou redução, permanente ou temporária, da capacidade para o trabalho

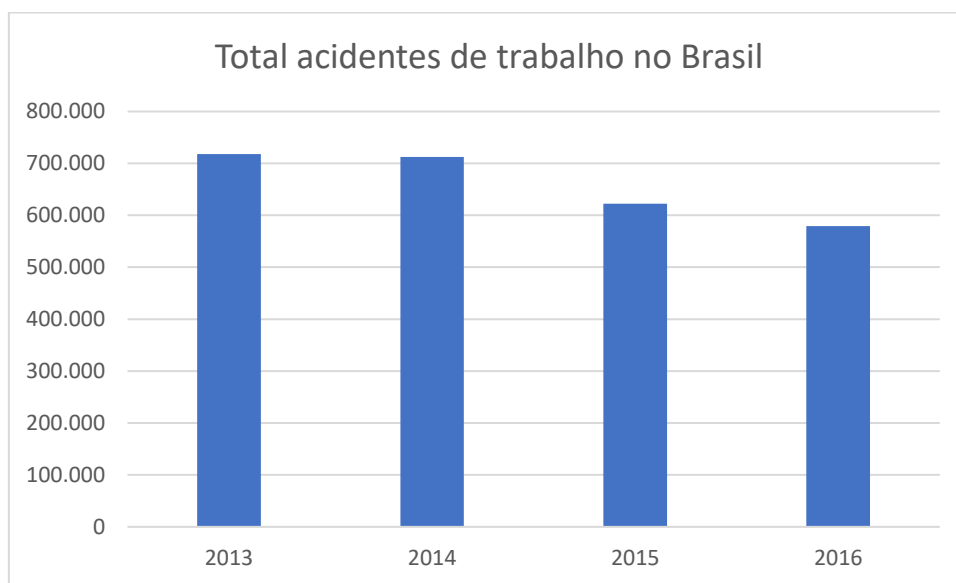
Segundo Ferreira e Peixoto (2012), o decreto nº2.172 de 1997, determina que a empresa deve comunicar o acidente de trabalho a Previdência Social por meio da CAT até o primeiro dia útil seguinte ao acidente e de imediato à autoridade competente em caso de morte.

Para Brasil (2016), os acidentes sem CAT registrada correspondem ao número de acidentes de trabalho que não foram cadastrados juntos ao INSS, o acidente é identificado por possíveis nexos, que são nexos técnico profissional/trabalho, nexos

técnico epidemiológico previdenciário ou nexos técnico por doença equiparada a acidente de trabalho.

A figura 13, mostra os acidentes de trabalho registrados no Brasil, com ou sem a emissão de CAT, a partir de 2013 ao ano de 2016, com essa figura é possível notar uma constante redução do número total de acidentes.

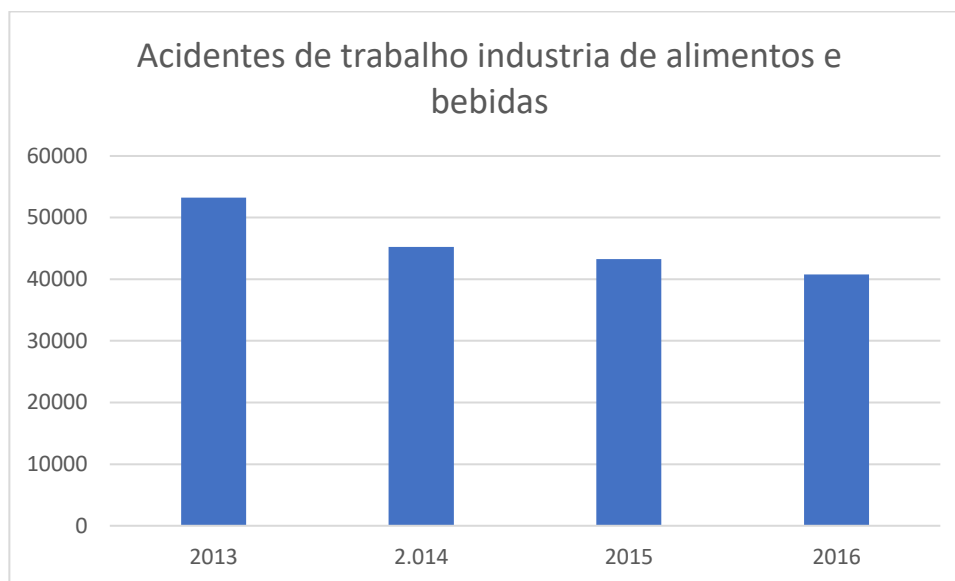
Figura 13 - Número de acidentes de trabalho em seus respectivos anos.



Fonte: Anuário estatístico da previdência social (2016), adaptado pelo autor.

A figura 14, mostra as estatísticas de acidentes registrados em indústrias de alimentos e bebidas, seguindo os setores de atividades econômicas dentre os anos 2013 a 2016, é possível notar uma constante redução no número.

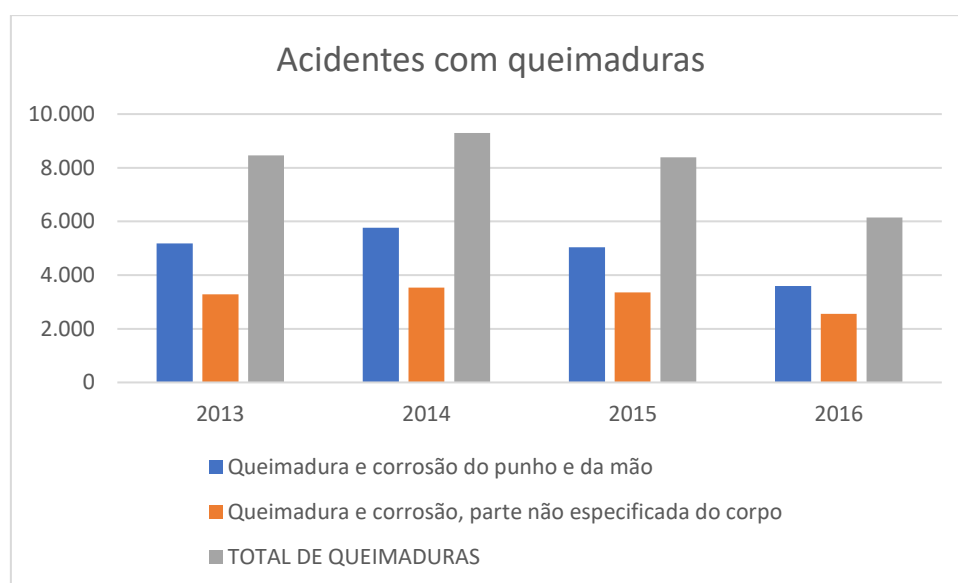
Figura 14 – Acidentes registrados em indústrias de alimentos e bebidas em seus respectivos anos.



Fonte: Anuário estatístico da previdência social (2016), adaptado pelo autor.

Na figura 15, pode-se notar que os acidentes envolvendo queimaduras estão em redução a partir do ano de 2014, a imagem mostra o número de acidentes registrado com e sem a emissão de CAT, obedecendo os códigos da classificação internacional de doenças e incidentes, envolvendo queimaduras e corrosões do punho e mão e os acidentes envolvendo queimaduras e corrosões em partes não especificada do corpo.

Figura 15 – Número de acidentes com queimaduras em seus respectivos anos.



Fonte: Anuário estatístico da previdência social (2016), adaptado pelo autor.

2.5 TRECHO NR36

A norma NR36 trata da Saúde e segurança no trabalho em empresas de abate e processamento de carnes e derivados, e tem por objetivo garantir a segurança, saúde e a qualidade de vida no trabalho. (NR36,2018)

O trecho da Norma 36.9.5 trata do conforto térmico em estruturas frigoríficas e estabelece o seguinte:

36.9.5 Conforto térmico

36.9.5.1 Devem ser adotadas medidas preventivas individuais e coletivas - técnicas, organizacionais e administrativas, em razão da exposição em ambientes artificialmente refrigerados e ao calor excessivo, para propiciar conforto térmico aos trabalhadores.

36.9.5.1.1 As medidas de prevenção devem envolver, no mínimo: a) controle da temperatura, da velocidade do ar e da umidade; b) manutenção constante dos equipamentos; c) acesso fácil e irrestrito a água fresca; d) uso de EPI e vestimenta de trabalho compatível com a temperatura do local e da atividade desenvolvida; e) outras medidas de proteção visando o conforto térmico.

36.9.5.1.2 Quando as condições do ambiente forem desconfortáveis, em virtude da exposição ao calor, além do previsto no subitem

36.9.5.1.1 devem ser adotadas as seguintes medidas: a) alternância de tarefas, buscando a redução da exposição ao calor; b) medidas técnicas para minimizar os esforços físicos.)

2.6 BOMBEAMENTO

Segundo Macintyre (2008), bombas são máquinas geratrizes que têm por finalidade a execução de um trabalho sobre o fluido, que se dá em forma de movimentação e pressão.

As bombas podem ser classificadas em duas categorias as bombas centrífugas também conhecidas como turbo bombas e as bombas volumétricas.

2.6.1. Bombas centrífugas

Nas bombas centrífugas a movimentação do fluido ocorre pela ação de forças que se desenvolvem na massa do líquido, por consequência de rotação de um eixo onde está acoplado um disco que também pode ser conhecido como rotor, esse disco é dotado

de pás e recebe o líquido pelo seu centro e expulsa pela periferia, devido a ação da força centrífuga, assim afirma (ELETROBRÁS, 2009).

Figura 16 - Rotor bomba centrífuga.



Fonte: (INDIAMART, 2018)

Segundo Nascimento e Ribeiro (2018), as bombas centrífugas tem um vastíssimo campo de aplicação dentre os principais se destacam os serviços de abastecimento de água e esgoto, sistemas de irrigação e drenagem de água e também sistemas de combate a incêndio.

Como vantagens da utilização desse tipo de bomba são: Vazão uniforme, baixo custo de manutenção e apresentam menores vibrações.

E como desvantagens apresentam um menor rendimento e são desaconselháveis para baixas vazões e elevadas pressões.

Na figura 17, podemos ver um modelo de bomba centrífuga da empresa KSB - Megabloc:

Figura 17 – Bomba centrífuga KSB - Megabloc



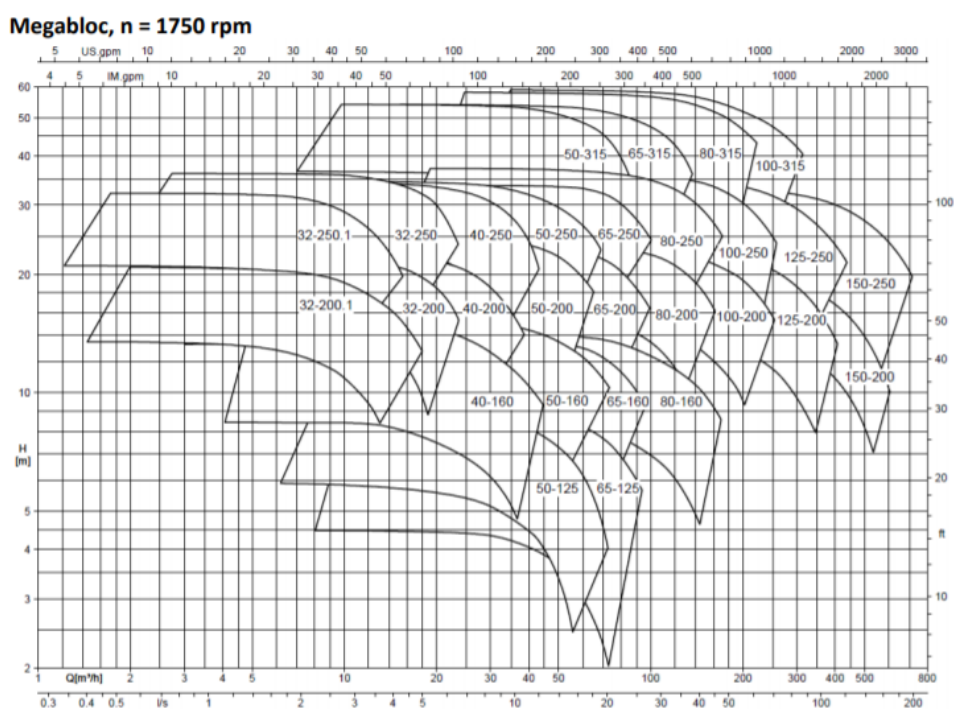
Fonte: (A CASA D'ÁGUA, 2018)

2.6.2. Dimensionamento da bomba.

As bombas são dimensionadas a partir de informações de pressão e vazão necessárias de fluido, sendo que para o dimensionamento são utilizados catálogos das fabricantes do equipamento.

Na figura 18, pode-se analisar as curvas de dimensionamento de uma bomba da empresa KSB – Megabloc:

Figura 18 – Dimensionamento da Bomba



Fonte: (KSB, 2018)

2.6.3. Motor Elétrico

O motor elétrico é considerado uma máquina que tem como função a transformação de energia elétrica em energia mecânica. Nas unidades de bombeamento os motores são acoplados as bombas com a responsabilidade de efetuar o movimento de rotação nos rotores. O motor de indução é o mais utilizados dentre todos os motores, devido a sua construção simples, baixo custo de produção e simplicidade no comando. Por esse e outros motivos os motores de corrente alternada por indução têm sido amplamente empregados nas estruturas de bombeamento, assim conclui WEG (2018).

2.6.4. Aspersão

Com a aspersão se busca a umidificação de algo a partir de jatos de água em uma grande quantidade de pequenas gotas pelo ar, que caem sobre algo formando uma chuva artificial. Isso se dá pela passagem de água sobre orifícios de pequena dimensão presentes nos bicos que causam um fracionamento do jato. Para isso são necessários sistemas de bombeamento, e a água percorre um conjunto de tubulações gerando a pressão necessária para acionamento dos aspersores, assim afirma (BISCARO, 2009).

A imagem 19, mostra o funcionamento de um bico aspersor industrial:

Figura 19 – Exemplo de um sistema de aspersão industrial.

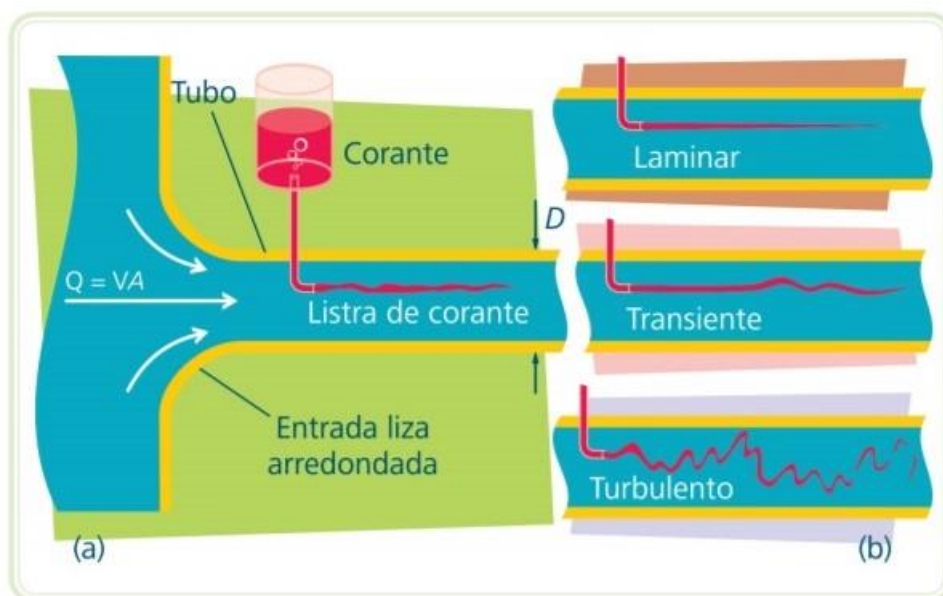


Fonte: (FLUIDJET, 2018)

2.6.5. Número de Reynolds

Segundo Fialho (2013), em 1883, um cientista britânico chamado de Osborne Reynolds publicou seu experimento, no qual ele faz uma análise das relações de proporcionalidade entre as forças de inércia e viscosidade de fluidos escoando por dutos lineares de seção geométrica constante. Para Vilanova (2011), o experimento publicado por Reynolds era muito simples e resumia-se em um tubo transparente, onde foi adaptado uma sonda de corante que introduzia um contraste no escoamento para se verificar o comportamento do corante conforme algumas variáveis do escoamento foram alteradas. A figura 20, mostra o resultado obtido por Reynolds em seus testes:

Figura 20 – Teste utilizado por Reynolds



Fonte: (VILANOVA, 2011)

Com esse experimento Reynolds constatou que o contraste apresentava comportamentos diferentes conforme as diferenças de características do tubo, fluido e escoamento. Para se fazer a verificação do tipo de escoamento ele propôs a criação de um parâmetro adimensional conhecido como número de Reynolds, que para dutos circulares a relação é dada pela equação:

$$Re = \frac{V \times D}{\nu} = \quad (1)$$

Onde:

V= Velocidade (m/s).

D= Diâmetro do tubo (m)

ν = Viscosidade Cinemática (m²/s)

Para Fialho (2018), essa relação estudada por Osborne Reynolds, identificou claramente parâmetros numéricos que identificam os limites de comportamento do fluido, os quais ele denominou de Escoamento Laminar, Escoamento Indeterminado e Escoamento Turbulento. A figura 21, mostra os limites obtidos por Reynolds:

Figura 21 – Limites obtidos por Reynolds

Limites de Escoamento	
Escoamento Laminar	$Re \leq 2000$
Escoamento Indeterminado	$2000 < Re < 2300$
Escoamento Turbulento	$Re \geq 2300$

Fonte: (FIALHO, 2013)

2.6.6. Perda de carga distribuída

Segundo Macintyre (2008), a perda de carga entre dois pontos de uma tubulação pode ser definida como um abaixamento da linha energética entre os pontos definidos. Para Vilanova (2011), a perda de carga distribuída ocorre devido ao efeito viscoso do fluido em escoamento, geometria da tubulação, rugosidade da parede e as propriedades do fluido em escoamento.

As perdas de carga são definidas pela equação de Darcy-Weisbach:

$$hf = f \times \frac{l}{d} \times \frac{V^2}{2 \times g} \quad (2)$$

Onde:

hf = Perda de carga distribuída

f = Coeficiente de atrito

l = Comprimento do tubo (m)

d= Diâmetro do tubo (m)

V= Velocidade (m/s)

g= Gravidade (m/s²)

Afirma também Vilanova (2011), que o coeficiente de atrito está relacionado diretamente com o número de Reynolds e da rugosidade Relativa que tem sua equação dada por:

$$Rr = \frac{D}{\varepsilon} \quad (3)$$

Onde:

Rr= Rugosidade relativa

D= Diâmetro (cm)

ε = Rugosidade Aparente

A rugosidade equivalente está relacionada ao material a ser utilizado como condutor do fluido. A figura 22, mostra a rugosidade equivalente de alguns matérias usados em tubulações.

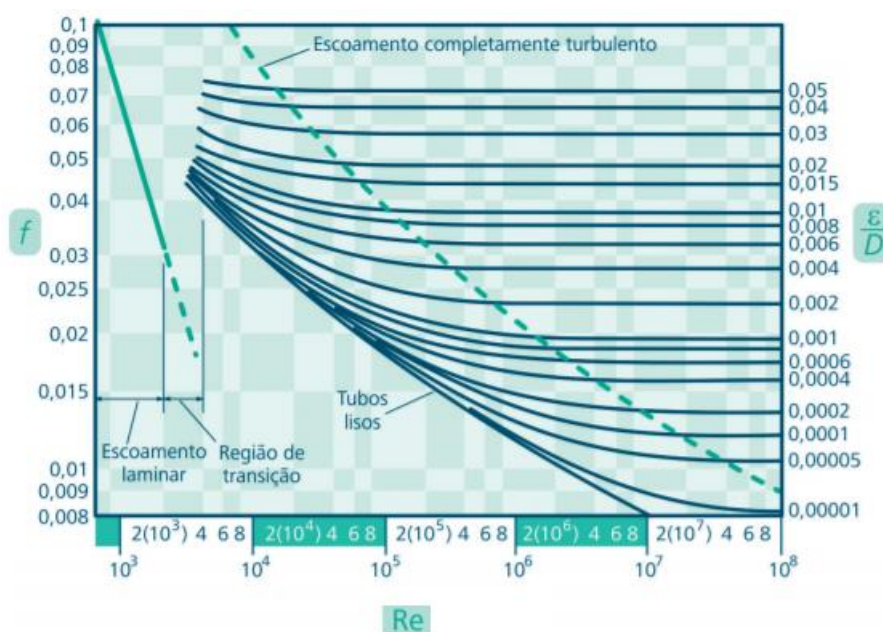
Figura 22 – Rugosidade equivalente

Material	Rugosidade ε^*	
	pé	mm
Vidro, plástico	0 (liso)	
Concreto	0,003-0,03	0,9-9
Madeira	0,0016	0,5
Borracha alisada	0,000033	0,01
Tubulação de cobre ou latão	0,000005	0,0015
Ferro fundido	0,00085	0,26
Ferro galvanizado	0,0005	0,15
Ferro forjado	0,00015	0,046
Aço inoxidável	0,000007	0,002
Aço comercial	0,00015	0,045

Fonte: (ÇENGEL e GHAJAR, 2012)

Segundo Macintyre (2008), existem várias expressões que podem ser utilizadas para o cálculo do coeficiente de atrito utilizado na fórmula de Darcy-Weisbach, como uma solução rápida e com uma razoável precisão se mostra muito utilizado o diagrama de Moody-Hunter que são baseados nos resultados dos estudos de Blasius, Colebrook, White e Nikuradse e na análise matemática de Prandtl e Karman. A figura 23, mostra o diagrama de Moody-Hunter.

Figura 23 – Diagrama de Moody-Hunter



Fonte: (VILANOVA, 2011)

2.6.7. Perda de carga localizada

Para Vilanova (2011), as perdas de cargas localizadas em um sistema são decorrência de componentes ou de geometrias que compõem a tubulação e que não sejam retas. Essas perdas estão relacionadas a um fator obtido experimentalmente que se tem o nome de coeficiente de perda de carga. Também afirma Macintyre (2008), que as perdas de cargas localizadas ocorrem por os componentes causarem turbulência, alterarem a velocidade, mudarem a direção, aumentarem o atrito e provocarem choques entre as partículas do fluido

A figura 24, nos mostra os componentes e seus respectivos coeficientes de perda de carga:

Figura 24 – Coeficientes de perda de Carga

Componente	K_L	
a. Curvas:		
90° (raio normal), flangeada	0,3	 
90° (raio normal), rosqueada	1,5	
90° (raio longo), flangeada	0,2	
90° (raio longo), rosqueada	0,7	
45° (raio longo), flangeada	0,2	
45° (raio normal)	0,4	
b. Retornos (curvas com 180°):		
flangeado	0,2	
rosqueado	1,5	
c. Tês:		
Escoamento alinhado, flangeado	0,2	 
Escoamento alinhado, rosqueado	0,9	
Escoamento derivado, flangeado	1,0	
Escoamento derivado, rosqueado	2,0	
d. União rosqueada	0,08	
e. Válvulas:		
Globo, totalmente aberta	10	
Gaveta, totalmente aberta	0,15	
Gaveta, 1/4 fechada	0,26	
Gaveta 1/2 fechada	2,1	
Gaveta 3/4 fechada	17	
Retenção, escoamento a favor	2	
Retenção, escoamento contrário	inf.	
Esfera, totalmente aberta	0,05	
Esfera, 1/3 fechada	5,5	
Esfera, 2/3 fechada	210	

Fonte: (VILANOVA, 2011)

Conhecendo os acessórios utilizados na tubulação e também seus respectivos coeficientes de perda de carga. Pode-se assim então se calcular as perdas de cargas localizadas do sistema a partir da equação:

$$h_s = k_l \times \frac{V^2}{2 \times g} \quad (4)$$

Onde:

h_s = Perda de carga localizada

k_l = Coeficiente de perda de carga

V = Velocidade (m/s)

g = Gravidade (m/s²)

2.6.8. Equação de Bernoulli

Para Fox e McDonald (2001), a equação de Bernoulli é um instrumento muito útil na mecânica dos fluidos, pois ela relaciona as variações de pressão com as velocidades e elevações ao longo de uma linha corrente. A equação X, mostra a equação de Bernoulli.

$$Z_1 + \frac{V_1^2}{2 \times g} + \frac{P_1}{\gamma} = Z_2 + \frac{V_2^2}{2 \times g} + \frac{P_2}{\gamma} \quad (5)$$

Onde:

Z_1 e Z_2 = Cotas dos pontos 1 e 2 (m)

V_1 e V_2 = Velocidades nos pontos 1 e 2 (m/s)

g = Gravidade (m/s²)

P_1 e P_2 = Pressões nos pontos 1 e 2 (Mpa)

γ = Massa específica (N/m³)

2.7 TROCADORES DE CALOR

Segundo Çengel e Ghajar (2012), os trocadores de calor são responsáveis por efetuar uma troca térmica entre dois fluidos confinados em ambientes separados, essa troca normalmente acontece por convecção em cada fluido e por condução entre as paredes que os separam.

Figura 25 – Trocador de Calor.



Fonte: (NEI, 2018)

2.7.1. Troca térmica por convecção

A troca térmica por condução ocorre quando acontece uma troca de energia pelo movimento do fluido e pode ser definida como convecção forçada, quando temos elementos como bombas ou ventiladores, sendo utilizados para a movimentação do fluido e convecção natural que ocorre quando o movimento do fluido se dá naturalmente, assim conclui (ÇENGEL e GHAJAR, 2012).

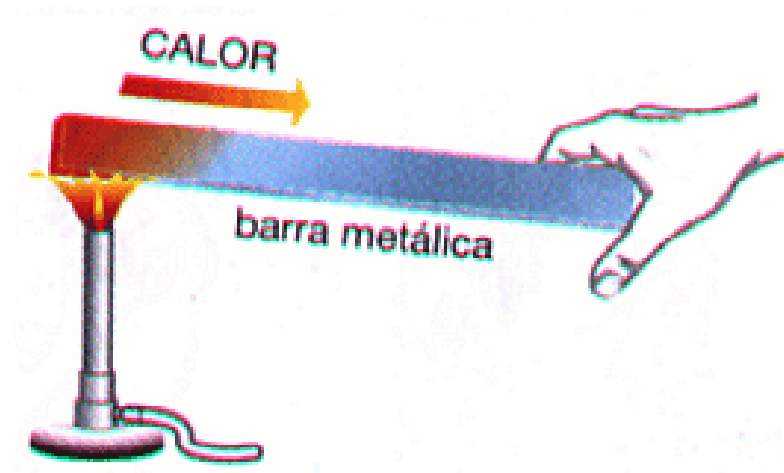
2.7.2. Troca térmica por condução

A condução de calor para Çengel e Ghajar (2012) é definida como sendo a energia térmica das partículas mais energéticas para as partículas menos energéticas de um meio. Também afirma que a condução térmica pode ocorrer em meios sólidos, gasosos e líquidos, desde que não haja movimento. É necessário lembrar que para obtermos uma troca térmica por condução é necessário uma diferença de temperatura afirma (INCROPERA, DEWITT, *et al.*, 2007).

A figura 26, mostra na pratica como funciona a troca térmica, que ocorre no metal, que vai aquecendo da parte em contato com a chama, onde a temperatura é maior até a

mão que segura a barra metálica onde a temperatura é menor, essa condução de calor por meio da barra é denominada troca térmica por condução.

Figura 26 – Troca térmica por condução.



Fonte: (PORTAL DO ELETRODOMÉSTICO, 2018)

Para os cálculos envolvendo condução térmica usa-se a condutividade térmica dos materiais conhecida como “k”, para Padilha (2000), a condutividade térmica é o fenômeno pelo qual o calor é transferido das regiões onde a temperatura é mais elevada para onde as temperaturas são mais baixas de um material. Essa propriedade que define o quanto o material é capaz de transferir calor é conhecida como condutividade térmica.

2.7.3. Número de Nusselt

Segundo Çenger e Ghajar (2012), o número de Nusselt, assim chamado em homenagem ao engenheiro alemão Wilhelm Nusselt, que trouxe grandes contribuições para a transferência de calor por convecção. O número de Nusselt representa o aumento da transferência de calor através da camada do fluido, que é resultado da convecção quando o fluido envolve algum movimento e a condução quando a camada do fluido se encontra imóvel. A equação 6, representa o cálculo do número de Nusselt que é muito utilizada para a obtenção do coeficiente de troca térmica por convecção “h”.

$$Nu = \frac{h \times d}{k} \quad (6)$$

Onde:

Nu = Número de Nusselt

h = Coeficiente de convecção($W/m^2.K$)

d = Diâmetro da tubulação(m)

k = Coeficiente de condução($W/m.K$)

O número de Nusselt também pode ser obtido a partir de diversas formulas que consideram os tipos de geometria dos condutores, o número de Reynolds, escoamento e também o número de Prandlt. A equação 7, mostra o método para o cálculo do número de Nusselt para escoamento turbulento completamente desenvolvido

$$Nu = 0,023 \times Re^{0,8} \times Pr^n \quad (7)$$

Onde:

Re = Número de Reynolds

Pr = Número de Prandlt

n = Considerar 0,4 para aquecimento ou 0,3 para resfriamento.

2.7.4. Número de Prandlt

Para Çengel e Gharjar (2012), o número de Prandlt, assim chamado em homenagem ao físico alemão Ludwig Prandlt, que nada mais é que a espessura relativa das camadas limite hidrodinâmico e térmica. Esse número varia de aproximadamente 1 para gases e pode chegar até 100000 para óleos. Esse número mostra que o calor se difunde melhor em $Pr < 1$, nesse caso em metais líquidos e se difunde lentamente em óleos com $Pr > 1$.

2.7.5. Temperatura Média Logarítmica

Segundo Çengel e Ghajar (2012), utiliza-se a temperatura média logarítmica para a representação da exata da diferença de temperatura do fluido ao longo do tubo, a equação reflete o declínio exponencial da diferença local de temperatura. Na equação 8, temos diferença media logarítmica de temperatura.

$$\Delta T_{ln} = \frac{T_i - T_e}{\ln\left(\frac{T_s - T_e}{T_s - T_i}\right)} \quad (8)$$

Onde:

ΔT_{ln} = Temperatura média logarítmica (°C)

T_i = Temperatura de entrada (°C)

T_e = Temperatura de saída (°C)

T_s = Temperatura superficial (°C)

2.7.6. Lei de Newton do resfriamento

Para Borgnakke e Sonntag (2013), quando o fluido está sofrendo uma transferência de calor por convecção, os cálculos da carga térmica devem ser efetuados pela Lei do resfriamento de Newton, que está detalhada na equação 9.

$$Q = A_s \times h \times \Delta T \quad (9)$$

Onde:

A_s = Área superficial (m²)

h = Coeficiente de troca térmica por convecção (W/m².K)

ΔT = Diferença de temperatura (°C)

2.8 VAPOR

Para Spirax Sarco (2018), água pode apresentar diferentes estados físicos o sólido, líquido e gasoso. No último caso o gasoso é que se encontra o vapor. Ao adicionar calor a água no estado líquido a temperatura do fluido aumenta até o ponto em que a água não suporta mais se manter no estado líquido. Esse ponto se denomina ponto de ebulição, esse ponto define que a partir desse momento qualquer calor adicionado ao líquido fará com que a água ferva, dando origem ao vapor.

O vapor é utilizado como meio de transmissão de energia desde a revolução industrial, no começo se usava o vapor no preparo de alimentos. Hoje em dia o vapor tem uma vasta aplicação na indústria quando se necessita de aquecimento. A grande vantagem do vapor é seu baixo custo, produzido a partir de água um fluido com um custo relativamente baixo e de fácil acesso, é de fácil transporte e pode fornecer um controle preciso de temperatura a partir da utilização de sistemas de controle e consegue transportar uma grande quantidade de energia, assim afirma (SPIRAX SARCO, 2018).

O equipamento que produz o vapor é denominado caldeira, e gera o vapor a partir da queima de um combustível para o aquecimento da água, esse combustível pode ser óleo, lenha, gás natural ou cavaco de madeira.

2.9 AÇO INOX

Segundo ABINOX (2018), a higiene na indústria e no dia-a-dia de vários estabelecimentos é de suma importância, visando que se tem uma grande cobrança por meio dos órgãos fiscalizadores e também dos próprios consumidores. O aço inox se apresenta como um item de sucesso para estas condições, oferecendo também uma elevada resistência mecânica.

Conforme Aperam (2018), os aços inoxidáveis são ligas de ferro (Fe), carbono (C) e cromo (Cr) com um mínimo de 10,50% de Cr. Outros elementos metálicos também integram estas ligas, mas o Cr é considerado o elemento mais importante porque é o que dá aos aços inoxidáveis uma elevada resistência à corrosão. Segundo Shimith e Hashemi (2010) essa elevada resistência a corrosão acontece devido ao cromo formar um óxido, para a produção desse óxido o aço inoxidável deve ser exposto a agentes de oxidação, um desses agentes é o oxigênio presente no ar.

O aço inox de maior utilização na indústria alimentícia é o AISI 304, e conta com a seguinte composição:

Tabela 1 – Composição aço inox 304

Elemento	Quantidade (%)
C	0,08 máximo
Mn	2,00 máximos

Si	1,00 máximo
P	0,045 máximo
S	0,030 máximo
Cr	18,0 a 20,0
Ni	8,0 a 10,5
N2	0,10 máximo

Fonte: Sidacoinox (2017)

3 METODOLOGIA

Previamente foi analisada uma estrutura pré-existente, que atualmente é utilizada apenas na umidificação da salsicha, para a utilização da mesma no projeto. Juntamente com o PeD da empresa foi definida a temperatura do fluido necessária para a remoção da gordura e também a vazão. Após essa etapa serão efetuados os cálculos para o projeto. Posteriormente será analisado o melhor local para a instalação do recipiente para o aquecimento do fluido.

Inicialmente foram coletadas as informações sobre a temperatura da água que deve ser aquecida e suas propriedades, dados de pressão de vapor e suas respectivas propriedades, as especificações dos bicos de umidificação e definido a quantidade de fluido que deve ser aquecido para o início do projeto.

3.1 TROCADOR DE CALOR

3.1.1. Sensor de temperatura.

Para Thomazini e Albuquerque (2005), os sensores são dispositivos com capacidade de sentir formas de energia que pode ser térmica, luminosa e cinética, assim sendo relacionada com uma grandeza que pode ser: temperatura, pressão, velocidade, aceleração e etc.

O instrumento utilizado para as medições foram um sensor PT100 conhecido também como termorresistência de platina, acoplado a um multicalibrador da marca ECIL o Cappel Xp.

Segundo a Thomazini e Albuquerque (2005), os sensores PT100 tem uma grande aplicação na indústria devido a sua boa faixa de precisão, larga faixa de trabalho e também por permitirem ligações a grandes distâncias. Esses sensores são capazes de medir a temperatura por meio de uma diferença do valor da resistência, essa resistência é composta de um fio fino envolvido em um núcleo de cerâmica ou vidro, a variação da resistência é um elemento previsível e por isso se consegue definir a temperatura, assim conclui (OMEGA, 2018). A foto abaixo mostra o sensor que foi utilizado para a coleta dos dados.

Figura 27 – Sensor para medição de temperatura PT100



Fonte: Próprio autor.

Já o multicalibrador Cappel Xp, segundo a Ecil (2018), tem a função de efetuar medições e calibrações de temperatura, tensão, corrente, resistência, termopares, termo resistências e também de pressão.

Figura 28 – Multicalibrador Cappel Xp



Fonte: (ECIL, 2018)

As medições de temperatura da água na tubulação foram efetuadas a partir da coleta da água em um recipiente e em seguida foi coletada uma das medições. A foto a seguir mostra o processo de medição:

Figura 29 – Medição da temperatura da água.



Fonte: Próprio autor.

3.1.2. Cálculo trocador de calor

Como variáveis disponíveis na planta para o cálculo do trocador de calor, temos a temperatura inicial da água que se encontra em média a 23°C, também se conhece a pressão do vapor na rede de distribuição que é de 10Bar, assim se obtém a temperatura do fluido, que é de 180°C. Como variável requerida, se tem a temperatura final da água que é de 80°C. Para que seja calculado o número do Reynolds, utilizamos a viscosidade cinemática que foi calculada abaixo:

$$v = \frac{u}{\rho} = \frac{1,502e - 5 \text{ kg/m.s}}{5,1533 \text{ kg/m}^3} = 2,91e - 6 \text{ m}^2/\text{s}$$

Após a definição da viscosidade cinemática, pode-se calcular o número de Reynolds para a definição do tipo de escoamento.

$$Re = \frac{Velocidade \times D}{\nu} = \frac{30 \frac{m}{s} \times 0,0254m}{2,91 \times 10^{-6} m^2/s} = 261855,67$$

Com o resultado do número de Reynolds, juntamente com número de Prandtl e levando em consideração que o projeto trata de aquecimento é possível calcular o número de Nusselt

$$Nu = 0,023 \times Re^{0,8} \times Pr^{0,4} = 0,023 \times 261855,67^{0,8} \times 1,07^{0,4} = 510,42$$

Após o cálculo do número de Nusselt, calcula-se o coeficiente de troca térmica por convecção:

$$h = \frac{k}{d} \times Nu = \frac{0,0364}{0,0254} \times 510,52 = 731,61 \frac{w}{m^2 \times K}$$

É necessário também o cálculo da diferença média logarítmica de temperatura:

$$\Delta T_{ln} = \frac{T_i - T_e}{\ln\left(\frac{T_s - T_e}{T_s - T_i}\right)} = \frac{23 - 80}{\ln\left(\frac{180 - 80}{180 - 23}\right)} = 126,36^\circ C$$

Deve ser calculado também o calor que será necessária para o aquecimento da água de 23°C para 80°C.

$$Q = m \times cp \times (T_2 - T_1) = 1000kg \times 4180 \frac{J}{kg.K} \times (80 - 23)K = 2,383 \times 10^8 w$$

Levando em consideração que o tempo da chegada do funcionário até início do processo é de aproximadamente vinte minutos, pode se definir a troca térmica para o funcionamento do sistema.

$$Q_r = \frac{Qt}{t} = \frac{2,383e8w}{1200s} = 198550w/s$$

Definida a troca térmica e a temperatura média logarítmica é possível definir o comprimento necessário da tubulação para o projeto.

$$Q = h \times A_s \times \Delta t_{ln} \rightarrow l = \frac{198550}{731,61 \times \pi \times 0,0254 \times 126,36} = 26,92m$$

3.2 BOMBEAMENTO

3.2.1. BICOS PARA UMIDIFICAÇÃO

Foram utilizados para a umidificação da salsicha quatro bicos da empresa LECHLER, que tem sua sede na Alemanha e é especializada na fabricação de bicos e sistemas de spray, a indústria foi fundada em 1879 e atualmente produz mais de 25000 tipos de bicos e acessórios.

O modelo utilizado no projeto será o LECHLER 460.568.30.CE, que é mostrado na figura abaixo:

Figura 30 – Bico de Umidificação LECHLER 460.568.30.CE



Fonte: Próprio autor.

Foram utilizadas informações disponíveis em catálogos da fabricante para obtenção de valores que serão usados no projeto, entre os valores obtidos está o ângulo do spray do jato que nesse caso é de 120°, outros valores podem ser verificados na tabela abaixo:

Tabela 2 – Pressão e vazão bico LECHLER 460.568.30.CE

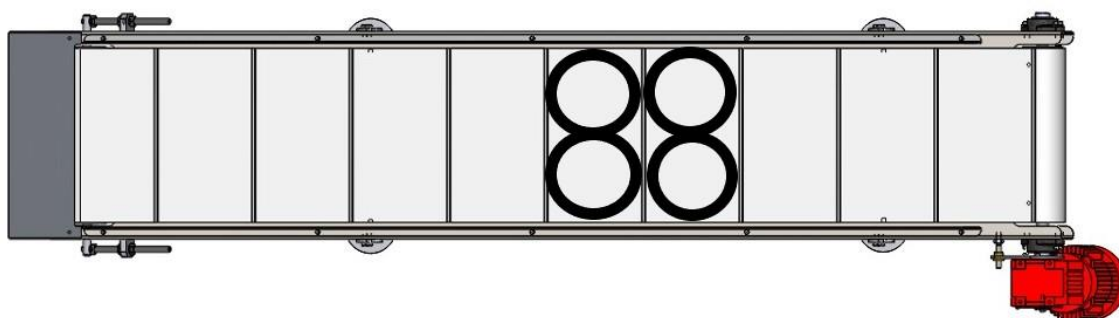
Pressão (Bar)	0,5	1,0	2,0	3,0	5,0	10,0
Vazão(L/min)	1,44	1,89	2,50	2,94	3,61	4,76

Fonte: LECHLER (2018)

3.2.2. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

No projeto serão utilizados quatro bicos para a umidificação, trabalhando a uma pressão de 2 Bar, assim totalizando uma vazão de 10L/min. Para a obtenção da umidificação total da largura da esteira que mede 0,7 metros, os bicos devem ser posicionados a uma altura de 0,1 metros, devido ao leque de 120graus do spray. A figura a baixo mostra a área umidificada, demarcada pelos círculos pretos.

Figura 31 – Área umidificada da esteira.



Fonte: Próprio autor.

Inicialmente no projeto foi definido o diâmetro da tubulação entre a bomba e os bicos, que será de 25,4mm ou 1 polegada, a partir disso foi calculada a área da secção transversal do tubo.

$$\text{Área}(A) = \frac{\pi \times d^2}{4} = \frac{\pi \times 0,0254^2}{4} = 0,000507m^2$$

Com a área da secção transversal do tubo, podemos calcular a velocidade do escoamento do fluido.

$$\text{Velocidade} = \frac{Q}{A} = \frac{0,000167}{0,000507} = 0,3293 \text{ m/s}$$

Após isso é possível calcular o número de Reynolds, para a definição do tipo de escoamento do fluido.

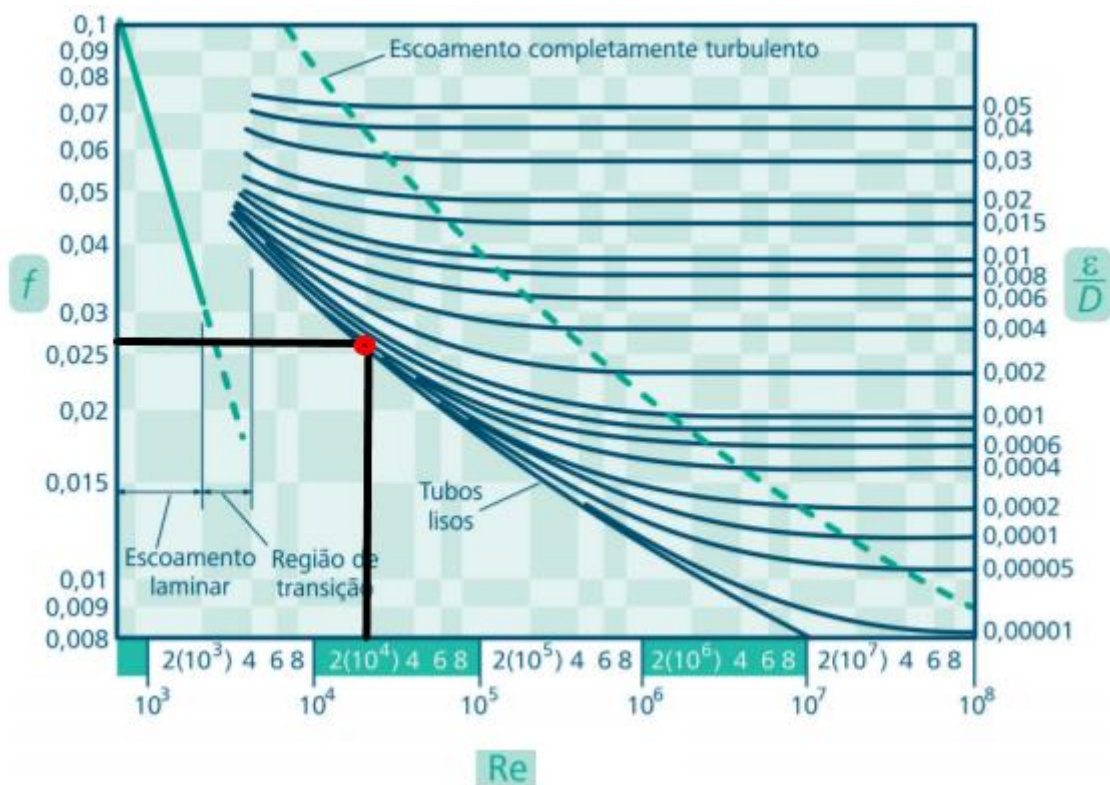
$$Re = \frac{V \times D}{\nu} = \frac{0,3293m/s \times 0,0254m}{3,62e-7} = 23105,58 \text{ (Turbulento)}$$

É necessário também o cálculo da rugosidade relativa, para a utilização no diagrama de Rouse e Moody, juntamente com o número de Reynolds

$$Rr = \frac{0,002}{2,54} = 0,0007$$

A imagem a seguir mostra o valor de 0,027 obtido para fator de atrito, no diagrama de Rouse e Moody.

Figura 32 – Fator de atrito no diagrama de Rouse e Moody



Fonte: (VILANOVA, 2011), adaptado pelo autor.

Após a definição do fator de atrito é possível calcular a perda de carga distribuída, conhecida também como perda de carga primaria.

$$hf = f \times \frac{l}{d} \times \frac{V^2}{2 \times g} = 0,027 \times \frac{2,5}{0,0254} \times \frac{0,3293^2}{2 \times 9,81} = 0,01468m$$

O fator de atrito também é utilizado para a definição das perdas de cargas singulares ou secundarias, que ocorrem em acessórios presentes nas tubulações. A equação a seguir mostra a perda de carga singular em curvas de 90 graus e T de saída bilateral respectivamente.

$$hs = n \times k \times \frac{V^2}{2 \times g} = 5 \times 0,9 \times \frac{0,3293^2}{2 \times 9,81} = 0,02481m$$

$$hs = n \times k \times \frac{V^2}{2 \times g} = 3 \times 1,8 \times \frac{0,3293^2}{2 \times 9,81} = 0,02984m$$

A partir da soma das duas perdas de cargas é possível a definição da perda total de carga do sistema, que segue na equação abaixo:

$$H = 0,01033 + 0,02481 + 0,02984 = 0,06498m$$

Com a definição da perda de carga total do sistema, podemos calcular a queda de pressão no sistema, definindo assim a pressão necessária na saída da bomba. Para a água a 80°C, adota-se $\gamma = 9530 \text{ N/m}^3$.

$$\frac{P_1 - P_2}{\gamma} + Z_1 - Z_2 = H$$

$$\frac{P_1 - 0,1}{9530} + 0 - 2 = 0,06498$$

A pressão na saída da bomba deverá ser de 12 Bar, devido as perdas de carga.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na tabela 3, estão dispostos os resultados das medições de temperatura da água na rede de distribuição, nela é possível notar que a variação de temperatura não ultrapassa 1°C, assim foi considerado para os cálculos termodinâmicos uma temperatura do fluido de 23°C.

Tabela 3 – Medições temperatura inicial da água.

DATA	TEMPERATURA
16/04/2018	22,56°C
17/04/2018	22,75°C
18/04/2018	23,49°C
19/04/2018	23,06°C
20/04/2018	23,16°C

Fonte: Próprio autor.

Por meio dos cálculos realizados para obtenção do calor total que o sistema precisa, chegou-se que é necessária uma troca térmica de 198550w, para que a água seja aquecida em 20 minutos de uma temperatura inicial de 23°C para uma temperatura requerida de 80°C.

Levando em consideração a troca térmica total que o sistema necessita, foi definido o comprimento do trocador de calor que deve ser de 26,92 metros de tubos de uma polegada de diâmetro, para assim ser obtida a área superficial total de troca térmica que o sistema precisa, sendo que o trocador de calor deve ser construído com tubos de aço inoxidável devido a estes estarem em contado direto com a água que será aspergida diretamente no produto.

Já na definição das características técnicas para o sistema de bombeamento, inicialmente foi definida a vazão total para os bicos de umidificação, levando-se em consideração que o projeto utiliza quatro bicos e cada um tem uma vazão de 2,5 L/min, podendo-se, então, conhecer a vazão total do sistema que é de 10 L/min. Além disso, foi definida a pressão total na saída da bomba, que deve ser de 12 Bar, uma vez que essa pressão leva em consideração a necessidade de uma pressão de 2 Bar nos bicos de umidificação, bem como também as perdas de cargas na tubulação

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como seu principal objetivo projetar um sistema de aquecimento e bombeamento de água para eliminação da gordura residual do processo de cozimento da salsicha.

O primeiro objetivo específico tinha como finalidade coletar os dados disponíveis para realização dos cálculos necessários e foi atendido com a identificação das temperaturas iniciais dos fluidos para a troca térmica e a vazão de água necessária para os bicos de aspersão; já o segundo tinha por intuito a mensuração do trocador de calor e foi satisfeito a partir dos cálculos de energia necessária para o aquecimento do fluido, bem como a definição do comprimento do trocador e, por fim, o último objetivo tinha como propósito a determinação de um sistema de bombeamento para atender a demanda dos bicos aspersores e foi cumprido com a definição das características técnicas fundamentais para a seleção de uma bomba.

Diante disso, com tal pesquisa foi possível avaliar que um trocador de calor de 26,9 metros atenderia a capacidade térmica necessária para o aquecimento da água de 23°C para os 80°C requeridos pelo processo e notou-se que para o bombeamento desse fluido é oportuno a utilização de uma bomba com pressão de 12 Bar e capacidade volumétrica de 0,6m³/h.

SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestão para trabalhos futuros há a possibilidade de aperfeiçoamento da pesquisa desenvolvida por meio da abordagem de algumas problemáticas, tais como:

- Recalcular o trocador de calor utilizando tubo aletado.
- Adequar ao projeto um sistema de reaproveitamento da água, com a utilização de filtros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A CASA D'ÁGUA. Bomba KSB. **ACASADAGUA**, 2018. Disponível em: <<http://www.acasadagua.com.br/produtos/27>>. Acesso em: 02 Março 2018.
- ABINOX. Aço inox - Alimentos e bebidas. **ABINOX**, 2018. Disponível em: <<http://www.abinox.org.br/site/aco-inox-alimentos-e-bebidas.php>>. Acesso em: 9 Maio 2018.
- ABPA. Resumo do setor de aves. **ABPA**, 2018. Disponível em: <<http://abpa-br.com.br/setores/avicultura/resumo>>. Acesso em: 26 Julho 2018.
- APERAM. Aço inoxidável. **Aperam**, 2018. Disponível em: <<http://www.aperam.com/uploads/stainlesseurope/South%20America/catalogo%20Aco%20Inox%20Aperam.pdf>>. Acesso em: 25 Fevereiro 2018.
- BISCARO, G. A. **Sistema de Irrigação por Aspersão**. Dourados: UFGD, 2009.
- BORGNAKKE, C.; SONNTAG, R. **Fundamentos da Termodinâmica**. 8ª. ed. São Paulo: Blucher, 2013.
- BRASIL. Artigo 412 do Decreto nº30.691. **Regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal**, 29 Março 1952.
- BRASIL. Lei 8213/91 Art.19. **Lei de Benefícios da Previdência Social**, 24 Julho 1991.
- BRASIL. Norma Regulamentadora 36. **Segurança e saúde no trabalho em empresas de processamento de carnes e derivados**, Brasília, Abril 2013.
- ÇENGEL, Y. A.; GHAJAR, A. J. **Transferência de calor e massa**. 4ª. ed. Porto Alegre: Bookmann, 2012.
- CNI. Importância da indústria. **CNI**, 2018. Disponível em: <<http://www.portaldaindustria.com.br/estatisticas/importancia-da-industria/>>. Acesso em: 17 Abril 2018.
- ECIL. Cappo XP. **Ecil**, 2018. Disponível em: <<http://www.ecil.com.br/temperatura-industrial/calibradores-de-temperatura/cappo-xp/>>. Acesso em: 8 Agosto 2018.
- ELETROBRÁS. **Bombas guia básico**. Brasília: IEL/NC, 2009.
- EMBRAPA. Produtos Carneos. **Embrapa**, 2018. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/ovinos_de_corte/arvore/CONT000g3izo hks02wx5ok0tf2hbweqanedo.html>. Acesso em: 14 Maio 2018.
- FBS. Controle de nível de água. **FBS**, 2018. Disponível em: <<https://fbseletronica.wordpress.com/2013/11/02/controle-de-nivel-de-agua/>>. Acesso em: 2 Maio 2018.
- FERREIRA, L. S.; PEIXOTO, N. H. **Segurança do Trabalho I**. Santa Maria: Rede e-Tec, 2012.
- FIALHO, A. B. **Automação Hidráulica**. 6ª. ed. São Paulo: Érica, 2013.

FIMACH. Hitec M-3X. **http:** //fimach.com.br/portfolio/hitec-m-3x/, 2018. Disponível em: <<http://fimach.com.br/portfolio/hitec-m-3x/>>. Acesso em: 26 Junho 2018.

FLUIDJET. Bicos para lavagem de veículos. **FLUIDJET**, 2018. Disponível em: <<http://www.fluidjet.com.br/lavagem-de-veiculos.htm>>. Acesso em: 21 Junho 2018.

FOX, R.; MCDONALD, A. **Introdução à mecânica dos fluidos**. 5ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

HITEC. Sabre-20. **HITEC**, 2018. Disponível em: <<http://www.hitec-jp.com/en/product/sabre-20.html>>. Acesso em: 26 Abril 2018.

INCROPERA, F. P. et al. **Fundamentos de transferência de calor e massa**. 6ª. ed. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e científicos, 2007.

INDIAMART. Impulsor fechado. **INDIAMART**, 2018. Disponível em: <<https://www.indiamart.com/new-era-investment-foundry/closed-impeller.html>>. Acesso em: 29 Agosto 2018.

KSB. MegaBloc. **KSB**, 2018. Disponível em: <<https://www.ksb.com/ksb-br-pt/>>. Acesso em: 13 Maio 2018.

MACINTYRE, A. J. **Bombas e instalações de bombeamento**. 2ª. ed. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos S.A., 2008.

MARCONI, M. D. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos da metodologia científica**. 5ª. ed. São Paulo: ATLAS S.A, 2003.

MAURER-ATMOS. Sistema de defumação. **Maurer-Atmos**, 2018. Disponível em: <<https://www.maurer-atmos.de/br/produtos/list/sistemas-de-defumacao>>. Acesso em: 14 Julho 2018.

NASCIMENTO, G. F. D.; JESUS, J. I. D.; RIBEIRO, R. F. **Técnico de Perfuração e Poços - Bombas alternativas e centrífugas**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2018.

NEI. Radiadores industriais. **NEI**, 2018. Disponível em: <<https://www.nei.com.br/produto/2013-11-radiadores-industriais-termotek-inde-comimpe-expltda?id=80754a6d-6e64-11e4-9fa8-0e94104de12e>>. Acesso em: 24 Junho 2018.

NOVUS. Controlador n1200. **NOVUS**, 2018. Disponível em: <https://www.novus.com.br/site/default.asp?TroncoID=621808&SecaoID=107460&Template=../catalogos/layout_produto.asp&ProdutoID=907280>. Acesso em: 14 Junho 2018.

OMEGA. Sensores Pt-100. **OMEGA**, 2018. Disponível em: <<https://br.omega.com/prodinfo/pt100.html>>. Acesso em: 9 Maio 2018.

PADILHA, A. F. **Materiais de Engenharia**. Curitiba: HEMUS, 2000.

PORTAL DO ELETRODOMÉSTICO. Física na refrigeração. **Portal do eletrodoméstico**, 2018. Disponível em: <http://www.portaldoeletrrodomestico.com.br/curso_fisica_na_refrigeracao_calor_latent_e.htm>. Acesso em: 27 Setembro 2018.

PREVIDÊNCIA. **Anuário estatístico da previdência social: 2016**. Brasília, 2017.

PROCEL. **Instrumentação e controle**. São Paulo: IEL, 2008.

SHIMITH, W. F.; HASHEMI, J. **Fundamentos de engenharia e ciência dos materiais**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

SPIRAX SARCO. Mundo do Vapor. **Spirax Sarco**, 2018. Acesso em: 18 Maio 2018.

THOMAZINI, D.; ALBUQUERQUE, P. U. B. D. **Sensores Industriais - Fundamentos e Aplicações**. 4^a. ed. [S.l.]: Érica, 2005.

VILANOVA, L. C. **Mecânica dos Fluidos**. Santa Maria: UFSM, 2011.

WEG. Motor elétrico. **WEG**, 2018. Disponível em:

<<https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h83/h62/WEG-guia-pratico-de-treinamento-tecnico-comercial-50009256-brochure-portuguese-web.pdf>>. Acesso em: 12 Setembro 2018.