

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**

**ENGENHARIA MECÂNICA**

**BRUNO BAPTISTA CALDAS**

**ADEQUAÇÃO DE REFRIGERAÇÃO EM LINHAS ALIMENTÍCIAS**

**UBERLÂNDIA**

**2018**

**BRUNO BAPTISTA CALDAS**

**ADEQUAÇÃO DE REFRIGERAÇÃO EM LINHAS ALIMENTÍCIAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

**Orientador: Prof. Dr. Valério Luiz Borges**

**UBERLÂNDIA**

**2018**

**BRUNO BAPTISTA CALDAS**

**Adequação de refrigeração em linhas alimentícias**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

**Banca de Avaliação:**

---

**Prof. Dr. Valério Luiz Borges - UFU**  
**Orientador**

---

**Profa. Dra. Priscila Ferreira Barbosa de Sousa - UFU**  
**Membro**

---

**Prof. Dr. Edson Alves Figueira Júnior**  
**Membro**

**Uberlândia (MG) 18 de maio de 2018.**

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus por ter me iluminado na caminhada rumo à graduação no curso de Engenharia Mecânica, por minha saúde, paciência e sabedoria.

Aos meus pais por terem me apoiado desde o início, incentivando e dando força para seguir em frente.

Aos professores e funcionários da Universidade Federal de Uberlândia por terem colaborado com minha formação e aquisição de conhecimentos, em especial ao meu professor orientador Valério Luiz Borges, por ter proporcionado a chance de realizar o projeto de fim de curso numa área da Engenharia Mecânica, na qual me identifiquei durante o curso e estágio.

Agradeço a Deus por iluminar minha irmã a cada dia que passa, dando a cura de sua doença o mais rápido possível.

Agradeço a empresa BRF de Rio Verde por proporcionar-me um excelente estágio, o presente trabalho e experiência no setor de refrigeração.

## RESUMO

Em indústrias alimentícias é necessário manter os alimentos com suas propriedades originais: sabor, nutrientes e odor. Assim, descobriu-se que a baixa temperatura era capaz de manter as propriedades dos alimentos por mais tempo, que outros processos à alta temperatura, tais como: defumação, conservação pelo sol, pelo vinagre. Além do mais, as baixas temperaturas encontradas nos ambientes, prevenia a proliferação de bactérias e fungos que agem sob os produtos. Dentro deste âmbito, surgiu a refrigeração em indústrias, e em seguida, a necessidade de equipamentos de grande porte para realizar todo um processo para manter locais à baixas temperaturas, geralmente menores que as temperaturas ambientes. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi de verificar se o sistema de refrigeração atual da BRF de Rio Verde, tinha capacidade para absorver o aumento de carga térmica da indústria, com a finalidade de ser implantada a linha de quibe e almôndega. Visto isso, foi analisado o sistema atual disponível na empresa, adquirindo dados dos equipamentos que atuam neste sistema, a fim de comparar com a carga térmica dos ambientes da fábrica e determinar se o sistema possui capacidade suficiente. Para isto, foram realizados cálculos de carga térmica dos novos ambientes que surgirão com a nova linha, seleção de equipamentos e levantamento dos custos para instalação destes.

**Palavras-chave:** Refrigeração Industrial, Carga Térmica, Quibe, Almôndega.

## ABSTRACT

In food industries there is a need to maintain foods with their original properties such as flavor, nutrients and odor. In this way, it was discovered that the low temperature was able to maintain the properties of the foods longer than other processes at high temperature, such as, smoking, preservation by the sun, by the vinegar, and due to the low temperatures found in the environments, the proliferation of bacteria and fungi that act under the products. Within this scope came the refrigeration in industries, requiring large equipment to carry out a whole process and thus maintain environments at low temperatures, generally smaller than ambient temperatures. In this context, the objective of this work was to verify if the current refrigeration system of BRF of Rio Verde had capacity to absorb the increase of thermal load of the industry so that the line of quibe and meatball is implanted. Thus, we analyzed the current system available at the company, acquiring the data of the equipment that works in this system, in order to compare with the thermal load of the factory environments and determine if the system has sufficient capacity. For this purpose, thermal load calculations were performed on the new environments that will appear with the new line, selected equipment and raised the costs for installation of these.

**Keywords:** *Industrial Refrigeration, Thermal Load, Quibe, Meatball.*

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Fluxograma de um sistema ideal de refrigeração por meio de compressão de gases. .....	15
Figura 2 - Diagrama p-h do sistema ideal de refrigeração por meio de compressão de gases.	16
Figura 3 - Fluxograma do sistema de refrigeração BRF Rio Verde.....	17
Figura 4 - Unidade compressora de amônia do tipo parafuso. ....	18
Figura 5 - Trocadores de calor.....	19
Figura 6 - Condensador evaporativo. ....	20
Figura 7 - Reservatório de líquido.....	20
Figura 8 - Subcooling. ....	21
Figura 9 - Sistema de resfriamento da mistura água-propilenoglicol.....	22
Figura 10 - Separador de líquido do regime -3 °C.....	22
Figura 11 - Bombas centrífugas. Fluido de trabalho: AMÔNIA.....	23
Figura 12 - Painel de válvulas. ....	24
Figura 13 - Evaporador da esquerda, convencional e da direita, evaporador bidirecional.....	25
Figura 14 - Dados dos compressores de amônia da sala de máquinas .....	26
Figura 15 - Layout destacado dos ambientes modificados com a implantação da linha de quibe e almôndega.....	29
Figura 16 - Fluxograma dos ambientes atuais que sofrerão alteração de layout para implantação da linha de quibe e almôndega.....	30
Figura 17 - Layout da câmara de matéria-prima do hambúrguer.....	31
Figura 18 - Layout da sala de formação do hambúrguer.....	32
Figura 19 - Layout da antecâmara do hambúrguer.....	33
Figura 20 - Layout da embalagem inicial do hambúrguer.....	34
Figura 21 - Layout da embalagem inicial de mini chicken. ....	35
Figura 22 - Layout da embalagem final do mini chicken.....	36
Figura 23 - Layout da paletização. ....	37
Figura 24 - Layout da câmara de estocagem do industrializados.....	38
Figura 25 - Fluxograma de produção de quibe e almôndega. ....	39
Figura 26 - Fluxograma das câmaras que serão modificadas para a implantação das linhas de quibe e almôndega, com a nova nomenclatura destas câmaras. ....	40
Figura 27 - Layout da sala de formação do hambúrguer.....	41

Figura 28 - Layout da embalagem inicial do hambúrguer.....	42
Figura 29 - Layout da sala de transpasse de quibe e almôndega.....	42
Figura 30 - Layout sala de encaixotamento manual.....	43
Figura 31 - Layout da nova paletização.....	44
Figura 32 – Layout corredor de transpasse do mini chicken.....	44
Figura 33 - Layout da sala das ILAPAC.....	45
Figura 34 - Dados do isolante térmico de poliestireno expandido.....	46
Figura 35 - Acréscimo de temperatura devido a insolação.....	47
Figura 36 - Fator n em função do volume e temperatura da câmara.....	49
Figura 37 - Fator Z em função da circulação dentro da câmara.....	49
Figura 38 - Calor de metabolismo.....	51
Figura 39 - Carga térmica atual dos ambientes da fábrica do regime -10 °C operados pela sala de máquinas.....	54
Figura 40 - Carga térmica atual dos ambientes da fábrica do regime -3 °C, operados pela sala de máquinas.....	55
Figura 41 - Dados técnicos dos evaporadores da sala das ILAPAC e paletização. Fonte: GUENTNER (2018).....	56
Figura 42 - Evaporador de teto da marca GÜNTNER. Fonte: GUENTNER (2018).....	57
Figura 43 - Dados técnicos do evaporador do corredor de transpasse do mini chicken. Fonte: GUENTNER (2018).....	57
Figura 44 - Evaporador de teto bidirecional da marca GÜNTNER. Fonte: GUENTNER (2018).....	58



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados do ar de Rio Verde, calculado com auxílio de programa computacional. ...	46
Tabela 2 - Carga térmica dos novos ambientes. ....	52
Tabela 3 - Comparação de carga térmica dos ambientes antes e depois .....	52
Tabela 4 - Análise dos dados do regime -10 °C .....	53
Tabela 5 – Análise dos dados do regime -3 °C.....	54
Tabela 6 - Custos para implantação da linha de quibe e almôndega .....	59
Tabela 7 - Custos de produção, preço de venda, custos e ganhos mensais, e lucro para a produção de quibe e almôndega. ....	59

## LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ANSI	American National Standards Institute
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
ASME	American Society of Mechanical Engineers
BRF	Brasil Foods
GO	Goiás
HBV	Hambúrguer Bovino
IEC	Internacional Electrotechnical Comission
IHM	Interface Homem Máquina
MT	Mato Grosso
NBR	Norma Brasileira
NR	Norma Regulamentadora
MCK	Mini Chicken
A	Área
CV	Cavalo Vapor
CT	Carga Térmica Total
C <sub>pr</sub>	Calor Específico de Produto
C <sub>pcg</sub>	Calor Específico de Produto depois do Congelamento
H	Entalpia
H <sub>e</sub>	Entalpia do ar de Entrada
H <sub>i</sub>	Entalpia do ar Interno
h	Hora

kcal	Quilocaloria
kcal/m <sup>2</sup> .h.°C	Quilocaloria por metro quadrado-hora-graus Celsius
kg	Quilograma
kg/cm <sup>2</sup>	Quilograma por centímetro quadrado
kg/m <sup>3</sup>	Quilograma por metro cúbico
kJ/kg	Quilojoule por quilograma
KPa	Quilopascal
kW	Quilowatt
kWh	Quilowatt-hora
L	Calor Latente do produto durante o congelamento
M	Massa de Produto
m <sup>3</sup> /dia	Metro cúbico por dia
m <sup>3</sup> /h	Metro cúbico por hora
m <sup>3</sup> /s	Metro cúbico por segundo
mm	Milímetro
N	Número de pessoas
n	Número de trocas diárias de ar
Patm	Pressão Atmosférica
Pmot	Potência dos motores
Qcond	Calor de Condução
Qequip	Calor de equipamentos
Qil	Calor de iluminação
Qinf	Calor de Infiltração

Qmet	Calor de metabolismo
Qpe	Calor de pessoas
Qvent	Calor dos Ventiladores
R\$	Reais
TBS	Temperatura de Bulbo Seco
TBU	Temperatura de Bulbo Úmido
Tcf	Temperatura da Câmara Fria
Tcg	Temperatura de Congelamento do Produto
Te	Temperatura de entrada do produto
Text	Temperatura externa
Tf	Temperatura final do produto
t	Tempo
U	Coefficiente de transmissão
UR	Umidade Relativa
Vcf	Volume da Câmara Fria
Ve	Volume de ar que entra na câmara
W	Watt
Z	Fator de movimentação nas câmaras
°C	Graus Celsius
%	Porcentagem
$\rho$	Peso Específico
$\rho_e$	Peso Específico do ar externo
$\Delta T_{ins}$	Acréscimo de temperatura devido a insolação

$v_e$	Vazão de ar que entra na câmara
$\eta_{\text{mot}}$	Rendimento do motor
$\Sigma$	Somatório
$\emptyset$	Diâmetro

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVO</b> .....	<b>28</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>29</b>
3.1	SITUAÇÃO ATUAL .....	30
3.1.1	<i>Câmara de Matéria-prima do Hambúrguer</i> .....	30
3.1.2	<i>Sala de Formação do Hambúrguer</i> .....	31
3.1.3	<i>Antecâmara do Giro Freezer HBV</i> .....	33
3.1.4	<i>Embalagem Inicial do Hambúrguer</i> .....	34
3.1.5	<i>Embalagem Inicial do Mini Chicken</i> .....	35
3.1.6	<i>Embalagem Final do Mini Chicken</i> .....	36
3.1.7	<i>Paletização</i> .....	37
3.1.8	<i>Câmara de Estocagem do Industrializados</i> .....	38
3.2	SITUAÇÃO FUTURA .....	39
3.2.1	<i>Câmara de Matéria-prima do HBV, Quibe e Almôndega</i> .....	40
3.2.2	<i>Sala de Formação do HBV/Quibe e Almôndega</i> .....	40
3.2.3	<i>Antecâmara e Giro Freezer</i> .....	41
3.2.4	<i>Embalagem Inicial do HBV</i> .....	41
3.2.5	<i>Sala de Transpasse de Quibe e Almôndega</i> .....	42
3.2.6	<i>Sala de Encaixotamento Manual</i> .....	43
3.2.7	<i>Paletização</i> .....	43
3.2.8	<i>Corredor de Transpasse do Mini Chicken</i> .....	44
3.2.9	<i>Sala das ILAPAC</i> .....	45
<b>4</b>	<b>CARGA TÉRMICA</b> .....	<b>46</b>
<b>5</b>	<b>ANÁLISE DE RESULTADOS</b> .....	<b>53</b>
<b>6</b>	<b>SELEÇÃO, CUSTO DE EQUIPAMENTOS E MÃO DE OBRA</b> .....	<b>56</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>60</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>61</b>
	<b>ANEXO A – DADOS DAS BOMBAS DE AMÔNIA FRIGOSTRELLA</b> .....	<b>63</b>
	<b>ANEXO B – LAYOUT GERAL DO INDUSTRIALIZADOS TÉRREO</b> .....	<b>64</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O termo refrigeração é preferível para os processos de retirada de calor dos corpos com dispêndio de energia, sendo geralmente aplicável para o resfriamento, processo esse que é dito como rebaixamento da temperatura ambiente até temperatura próxima de 0 °C, e congelamento, que é o rebaixamento da temperatura abaixo da temperatura de congelamento do produto. Raramente pode ser aplicável também para o arrefecimento, que é o rebaixamento da temperatura até a temperatura ambiente (Costa, 1982).

A refrigeração industrial tem como objetivo a refrigeração de uma substância ou meio (Stoecker & Jabardo, 2002).

Refrigeração industrial é utilizada em indústrias nas quais necessitam de ambientes com temperatura controlada, indo de indústrias alimentícias até indústrias metalúrgicas e farmacêuticas. Aquelas que possuem alimentos em seu portfólio, têm a necessidade de conservar os produtos e/ou ambientes refrigerados, diminuindo a proliferação de bactérias que aumentam a degradação dos produtos. Ao contrário de outros processos de conservação de alimentos como: defumação, gelo natural, conservação pelo sol, etc., o frio é o único capaz de manter o sabor, o odor e o aspecto natural do alimento fresco (Costa, 1982).

Um sistema ideal de refrigeração, por meio de compressão de gases, possui quatro componentes básicos para sua operação: compressor, condensador, válvula de expansão e evaporador. A figura 1 apresenta o fluxograma ideal de refrigeração por meio de gases e a figura 2 apresenta o diagrama p-h do sistema apresentado na figura 1.

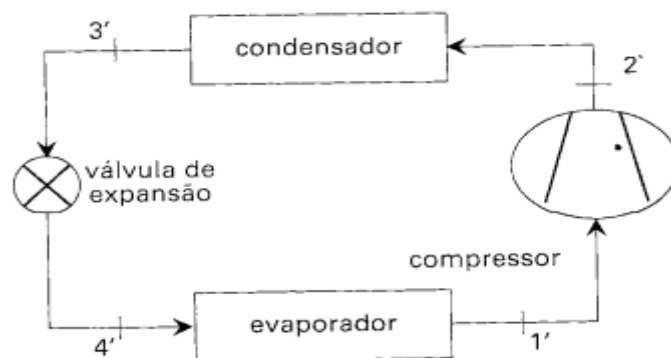
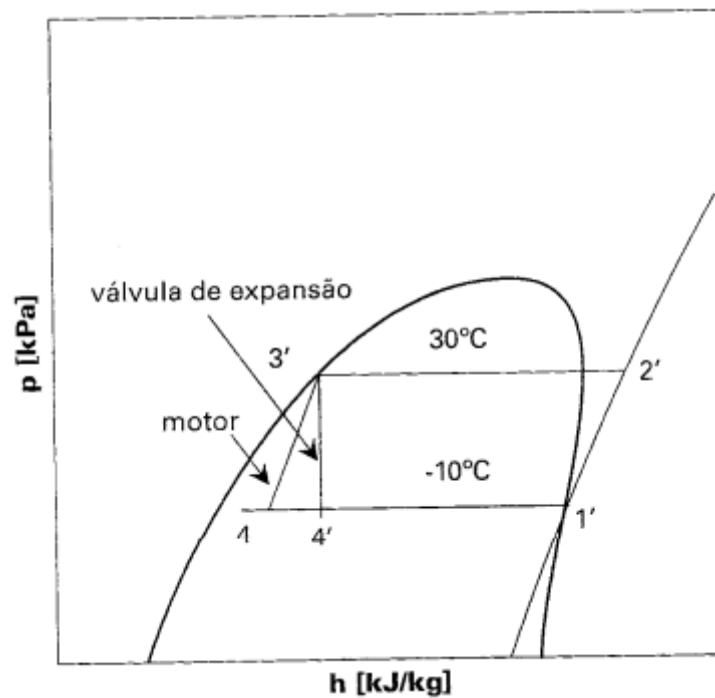


Figura 1 - Fluxograma de um sistema ideal de refrigeração por meio de compressão de gases.



**Figura 2 - Diagrama p-h do sistema ideal de refrigeração por meio de compressão de gases.**

No sistema ideal de refrigeração, por meio de compressão de gases, o compressor succiona o gás e o comprime de 1' para 2', através de compressão isentrópica; ou seja, sem variação de entropia, e tornando o gás superaquecido. Após a compressão, o fluido passa por um condensador, processo de 2' para 3', dito como isobárico, sem variação de pressão. Depois da condensação do gás, o líquido passa por uma válvula de expansão, de 3' para 4'; onde a pressão cai até a pressão de evaporação e este processo ocorre de forma isoentálpica, sem variação da entalpia. Após a expansão do líquido na válvula de expansão, o fluido passa pelo evaporador e evapora até o estado de vapor saturado à pressão constante, isobárico; e assim o ciclo se repete com a compressão do fluido no compressor.

Visto o sistema básico e ideal de um sistema de refrigeração, por meio da compressão de gases, podemos introduzir o sistema de refrigeração por amônia, encontrado na sala de máquinas da BRF de Rio Verde.

O sistema de refrigeração, da BRF Rio Verde, atende às normas vigentes sobre sistemas de refrigeração por amônia, sendo a principal delas a nova norma NBR 16069, que trata da segurança em sistemas frigoríficos; e foi elaborada a partir da norma internacional ANSI/ASHRAE 15:2007. A NBR 16069 contempla as NRs 13 e 15 que são, respectivamente,



sobre vasos de pressão e trabalho em locais insalubres; a NBR 6493 de emprego de cores para identificação de tubulações; a NBR 7541 de tubo de cobre, sem costura para refrigeração e ar condicionado; a NBR 13598 de vasos de pressão para refrigeração; a NBR 16401 de instalações de ar condicionado; a NBR IEC 60079 de equipamentos elétricos para atmosferas explosivas; assim como as normas internacionais, ANSI/ASME Boiler and Pressure Vessel Code e a ANSI/ASHRAE 34:2007.

O sistema de refrigeração, da BRF Rio Verde, utiliza amônia como fluido de refrigeração e a mistura água-propilenoglicol, como fluido intermediário; sendo este utilizado em locais onde não são necessárias temperaturas ambientes menores do que 0 °C e com grande número de pessoas. A figura 3 apresenta o sistema de refrigeração, da BRF Rio Verde; onde as linhas em amarelo representam a amônia em estado líquido; em azul, a amônia no estado gasoso; em verde, a mistura água-propilenoglicol; destacado em vermelho, o sistema da mistura de água-propilenoglicol; e destacado de preto, o sistema de amônia.

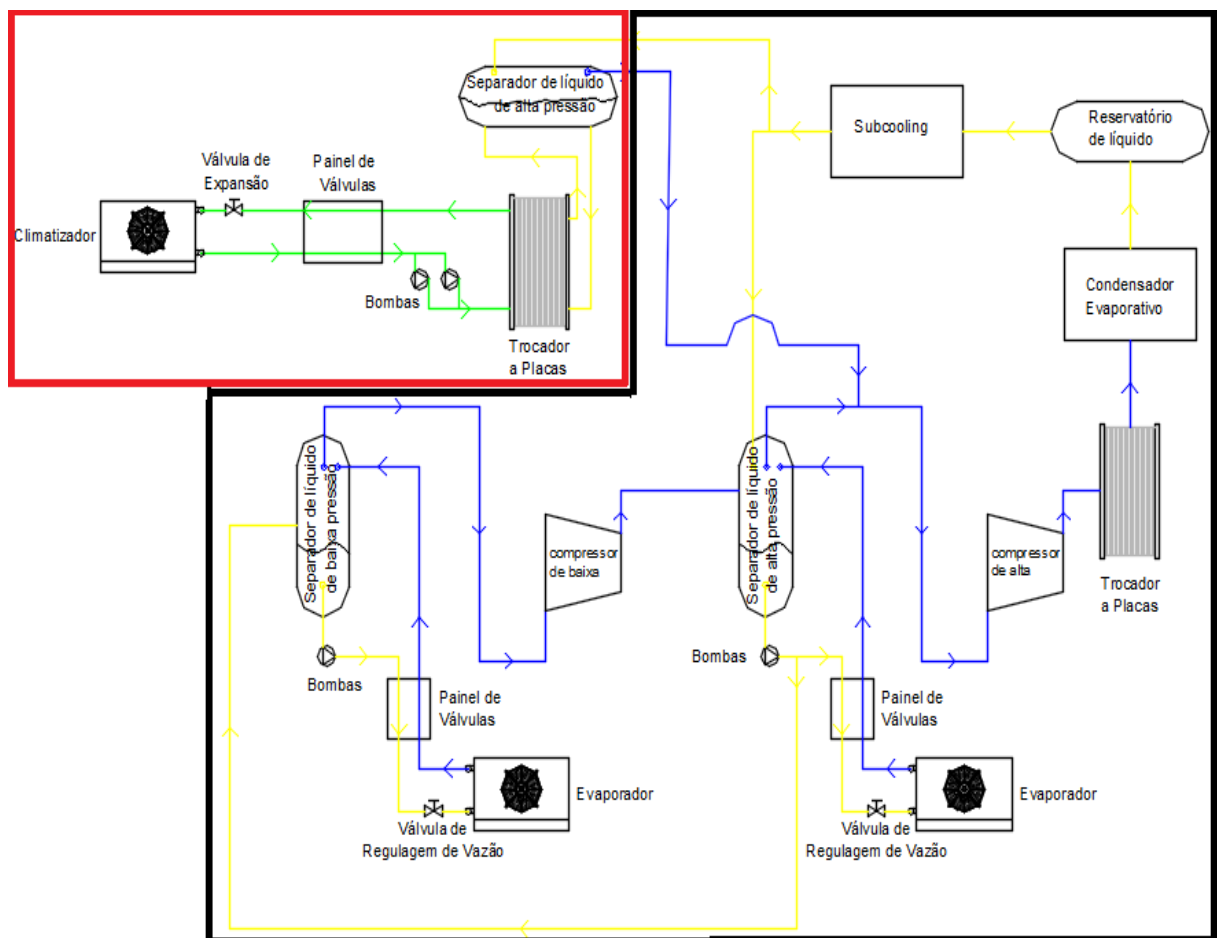


Figura 3 - Fluxograma do sistema de refrigeração BRF Rio Verde.

Partindo-se do compressor de alta, o mesmo succiona amônia saturada no estado gasoso, dos separadores de líquido de alta pressão a uma pressão e temperatura que depende do regime de trabalho. Como por exemplo: o regime de trabalho de  $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ , possui pressão de sucção ajustada nos compressores de 3,1 a 3,2 bar que é referente à temperatura de  $-1,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  à  $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; e para o regime  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a pressão de ajuste é de 1,9 bar, referente à temperatura do regime de  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , de acordo com a tabela termodinâmica da amônia saturada. Essa pressão de sucção é ajustada na IHM do compressor; onde o mesmo atua automaticamente de acordo com o ajuste, variando sua capacidade, através do slide valve, para manter a pressão em torno da pressão de ajuste. A figura 4 mostra uma unidade compressora rotativa do tipo parafuso encontrado na unidade da BRF. Os regimes  $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  são regimes dos compressores de alta encontrados da unidade; e a temperatura do regime  $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$  é pouco maior, pois a amônia deste, também é utilizada para resfriar a mistura água-propilenoglicol, evitando o congelamento da mistura.



**Figura 4 - Unidade compressora de amônia do tipo parafuso.**

A amônia, comprimida por compressão direta de amônia no compressor de alta, sai superaquecida com pressão manométrica, a qual varia de 11 bar a 13 bar e temperatura que varia de  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ , dependendo das condições de operação do compressor. E passa por dois trocadores de calor à placas, onde a amônia, superaquecida, troca calor com água industrial a  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , e segue para o condensador. A água industrial, aquecida nos trocadores, segue para a

caldeira e a amônia superaquecida, que entrou no trocador de calor com temperatura entre 70 °C e 90 °C, perde por volta de 25 °C, saindo portanto com temperatura entre 45 °C e 65 °C. Os trocadores de calor podem ser vistos na figura 5.



**Figura 5 - Trocadores de calor.**

Após sair dos trocadores de calor à placas, a amônia, ainda superaquecida, segue para os condensadores evaporativos. O condensador é dividido em 7 módulos, pois com o crescimento da indústria, foi necessário ampliar a capacidade de condensação dos mesmos para atender às novas demandas com: 132 ventiladores axiais da marca EBM-PAPST de 900 mm de diâmetro e potência de 3 CV cada, 22 bombas de água centrífugas de 4 CV de potência cada. A temperatura de entrada da amônia, no condensador, é a mesma da saída dos trocadores de calor; e a pressão varia de 10 bar a 13 bar, dependendo das condições de operação do sistema e também das condições climáticas. Visto que, temperatura e a umidade, influem fortemente na troca térmica entre a amônia e a água utilizada para condensar a amônia. O condensador possui ajuste de pressão que geralmente é de 10,5 bar; assim, quando a pressão cai deste valor, os ventiladores do mesmo desligam aos poucos, até equilibrar a pressão com o ajustado; e quando a pressão sobe, os ventiladores ligam para evitar o aumento desta pressão. Na saída do condensador, a amônia se torna líquida com temperatura entre 25 °C e 35 °C, e pressão de 9,5

bar a 12,5 bar. A figura 6 mostra o condensador evaporativo, da marca Mebrafe, unidade de Rio Verde, BRF.



**Figura 6 - Condensador evaporativo.**

Após a passagem da amônia, que se tornou líquida no condensador, ela segue para o reservatório de amônia. O reservatório de amônia serve para armazenar o líquido e para garantir o nível dos separadores de líquido. A figura 7 mostra o reservatório de líquido.



**Figura 7 - Reservatório de líquido.**

Saindo do reservatório de amônia, o líquido passa por outro condensador evaporativo, chamado de subcooling; onde o mesmo retira calor da amônia, diminuindo de 2 °C a 3 °C a temperatura do fluido. Portanto, o fluido sai com temperatura entre 22 °C e 32 °C. O subcooling possui 8 ventiladores axiais da marca EBM-PAPST, 800 milímetros de diâmetros, com potência de 3 CV cada, e 2 bombas de água centrífugas, 4 CV de potência. A figura 8 mostra o subcooling.



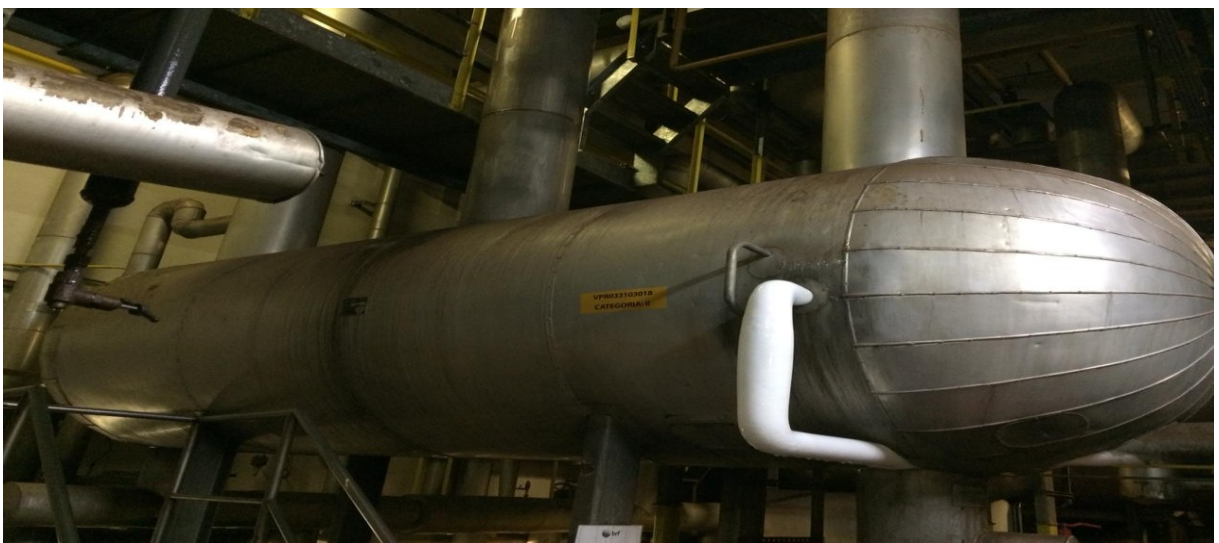
**Figura 8 - Subcooling.**

A amônia resfriada, no subcooling, segue dois caminhos: um, para o separador líquido de alta do sistema de resfriamento da mistura água-propilenoglicol; e outro, para o separador de líquido de alta pressão do sistema de amônia. No primeiro, a amônia alimenta o separador de líquido de alta pressão, de modo que esta amônia, no separador, troca calor com a mistura água-propilenoglicol, em dois trocadores de calor. Antes de a mistura passar pelos trocadores de calor, ela é bombeada, por meio de bombas de água centrífugas, para fazer a circulação no sistema, passando pelos trocadores de calor primeiro, depois nos climatizadores da indústria e retorna para ser bombeada novamente. A figura 9 mostra os trocadores de calor, com o separador de líquido acima, e as bombas ao fundo.



**Figura 9 - Sistema de resfriamento da mistura água-propilenoglicol.**

No segundo caminho, a amônia segue para o separador de líquido, de alta pressão, garantindo o nível de amônia líquida no mesmo. A regulagem do nível é ajustada, via supervisão, geralmente com 30% de líquido; e este é atuado por uma boia eletrônica. Quando o nível de amônia líquida cai de 30%, a boia eletrônica manda um sinal para a válvula solenoide liberar a entrada de amônia; e quando o nível sobe, a boia corta o sinal fazendo com que a válvula solenoide bloqueie a entrada de amônia no separador. A figura 10 mostra o separador de amônia do regime  $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



**Figura 10 - Separador de líquido do regime  $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ .**

Saindo dos separadores de líquido, de alta pressão, do sistema de amônia, há dois caminhos a serem seguidos: um, é que o líquido bombeado é utilizado nos evaporadores da indústria; e o outro, é que a amônia bombeada também serve para alimentar os separadores de baixa pressão. No regime  $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$  há 10 bombas da marca FRIGOSTRELLA, lembrando que todas as bombas são desta marca, modelo ZM-5; no regime  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  há 6 bombas, modelo ZM-5. Os regimes possuem mais bombas do que o necessário, pois faz-se necessário o uso das bombas reservas, quando alguma que estava em operação, venha a falhar. O ANEXO A ilustra os dados das bombas centrífugas de amônia, da marca FRIGOSTRELLA, de acordo com o modelo; e a figura 11 mostra as bombas de amônia centrífugas.



**Figura 11 - Bombas centrífugas. Fluido de trabalho: AMÔNIA.**

No primeiro caso, o fluido é bombeado por meio de bombas centrífugas, próprias para aplicação com amônia, com pressão de bombeio de 2 bar a 2,5 bar acima da pressão dos separadores de líquido. No entanto, no caso do separador de líquido do regime  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , onde a pressão do vaso é de 1,9 bar, a pressão de bombeio irá variar de 3,9 bar a 4,4 bar; e para o regime  $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a pressão de bombeio irá variar de 5,1 bar a 5,7 bar. O fluido segue pelas redes

no forro técnico e é distribuído nas ramificações da rede principal. Antes de chegar nos evaporadores, há um painel de válvulas, ao qual comanda a passagem da amônia líquida, da sucção, que é uma mistura líquido-vapor de amônia. E no caso de evaporadores alimentados pelos regimes  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $-38\text{ }^{\circ}\text{C}$ , há também a linha de gás quente, utilizada quando necessitar descongelar a água, congelada nas serpentinas do evaporador, dificultando a troca térmica entre o ar que circula nas câmaras e a serpentina. O gás quente utilizado neste processo é proveniente da descarga dos compressores de amônia. A figura 12 mostra um painel de válvulas.



**Figura 12 - Painel de válvulas.**

Saindo do painel de válvulas, a amônia passa pela válvula de regulação de vazão, a qual regula a vazão de líquido; porém, neste local não há medidores de vazão instalados e ela entra nos evaporadores, passando dentro das serpentinas, absorve o calor do ambiente. Parte deste líquido evapora, retornando pela tubulação de sucção até o separador de líquido de alta pressão. A figura 13 mostra os dois modelos de evaporador, encontrados na indústria.





**Figura 13 - Evaporador da esquerda, convencional e da direita, evaporador bidirecional.**

O segundo fluxo da amônia, bombeada do separador de alta pressão, é alimentar o separador de líquido de baixa pressão; onde este, também, possui o sistema de regulagem do nível de amônia em 30%, com os mesmos mecanismos dos separadores de alta.

No separador de líquido de baixa pressão, a temperatura e a pressão do vaso são determinados pelos compressores de baixa pressão, também conhecidos como booster. Para o regime  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a pressão varia de 0,15 bar a 0,25 bar; para o regime  $-38\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a pressão varia de -0,2 bar a -0,1 bar. Essas pressões são as mesmas verificadas na sucção dos compressores de baixa, onde eles que determinam a pressão do sistema. Pois, eles succionam a amônia, em estado gasoso, presente no separador de baixa; comprimem e enviam aos separadores de alta pressão. O compressor de baixa comprime, até a pressão da sucção de alta; e o compressor de alta comprime, até a pressão de condensação; evitando que apenas um compressor comprima grandes relações de pressão, e também, por motivos de consumo de energia. Retornando ao separador de líquido de baixa pressão, o fluido é bombeado, por meio de bombas centrífugas, a uma pressão de 2 bar a 2,5 bar acima da pressão do vaso. No caso para o regime  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ , que possui 3 bombas centrífugas do modelo ZM-5, a pressão de bombeio varia de 2,15 bar a 2,75 bar. E para o regime  $-38\text{ }^{\circ}\text{C}$ , que possui 3 bombas centrífugas do modelo ZM-3, a pressão varia de 1,8 bar a 2,4 bar. O fluido segue pelas redes de amônia, passa pelo painel de válvulas ao qual atua da mesma forma que o painel de válvulas do regime  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , contendo a linha de gás quente. Em seguida, passa pela válvula de regulagem de vazão que regula a vazão do líquido no evaporador. Depois, entra no evaporador para que a amônia líquida absorva o calor do

ambiente, onde parte do líquido evapora, tornando-se gás. Então, a mistura de amônia líquida e gás, retorna para o separador de líquido, de baixa pressão, pela rede de sucção.

Desta forma, foi explanado como funciona o sistema de refrigeração da indústria e suas particularidades. É de grande importância sabermos dessas informações, e de como funciona esse sistema. Para assim, fazer levantamento de quais impactos irão causar, as alterações de layout da indústria, para a implantação das linhas de quibe e almôndega; e então, verificar se o sistema irá suportar as mudanças.

A figura 14 mostra os dados dos compressores de amônia, onde todos eles são compressores rotativos do tipo parafuso; e em destaque, o regime em que são comumente utilizados, pois alguns compressores podem trabalhar em mais de um regime. Para alterar o regime de trabalho dos compressores é necessário: fechar o registro da válvula que está operando, abrir a válvula do regime de trabalho desejado e alterar o ajuste da pressão de sucção na IHM, do compressor.

<b>DADOS SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO - SALA DE MÁQUINAS</b>							
Regime °C	Equipamentos	Potência CV	Capacidade Kcal / h	Marca	Modelo Unidade	Modelo Compressor	Vazão m <sup>3</sup> / h
- 36 / -10	Compressor 1 A	600	<b>1.930.509</b>	York / Frick	USCA 859 WB	TDSH 355 XL	8.560
- 36 / -10	Compressor 1 B	600	<b>1.930.509</b>	York / Frick	USCA 859 WB	TDSH 355 XL	8.560
- 36 / -10	Compressor 1 C	600	<b>1.930.509</b>	York / Frick	USCA 859 WB	TDSH 355 XL	8.560
- 36 / -10	Compressor 2 A	550	443.227	York / Frick	USCA 270 WBE	TDSH 233 XL	2.700
- 30 / 35			617.164				
- 10 / 35			1.518.235				
- 3 / 35			<b>2.000.853</b>				
- 36 / -10	Compressor 2 B	550	443.227	York / Frick	USCA 270 WBE	TDSH 233 XL	2.700
- 30 / 35			617.164				
- 10 / 35			1.518.235				
- 3 / 35			<b>2.000.853</b>				
- 10 / 35	Compressor 3 A	1.250	<b>2.702.695</b>	York / Frick	USCA 496 WB	TDSH 355 S	4.960
- 10 / 35	Compressor 3 B	1.700	<b>3.649.765</b>	York / Frick	USCA 676 WB	TDSH 355 L	6.760
- 3 / 35	Compressor 4 A	1.250	<b>3.442.983</b>	York / Frick	USCA 480 WB	TDSH 283 SX	4.800
- 10 / 35	Compressor 4 B	1.250	2.597.628	York / Frick	USCA 480 WB	TDSH 283 SX	4.800
- 3 / 35			<b>3.442.983</b>				
- 10 / 35	Compressor 5 A	1.250	<b>2.635.803</b>	York / Frick	RWF - 480	SGC 28210004BR	4.800
- 30 / 35			1.071.483				
- 30 / -10	Compressor 5 B	450	<b>1.404.100</b>	Mycom	N 320 VMD - LB - TS	3235179	4.760
- 36 / -10			1.037.900				
- 10 / +35	Compressor 4 C	550	1.093.300	Mycom	N 250 VSD - H - TS	25550177	2.400
- 3 / +35			<b>1.448.200</b>				

**Figura 14 - Dados dos compressores de amônia da sala de máquinas**

Para o levantamento dos dados, necessitou-se deslocar até a linha de produção, com o auxílio do electricista responsável pela linha, para adquirir os dados de potência dos equipamentos. Foram utilizados: dados de manuais internos da empresa, layout dos projetos

atuais e futuros, para a realização do projeto, e planilhas, com os dados dos equipamentos e das câmaras da indústria.

Alguns valores de dimensões e temperaturas ambiente foram coletas na planta, para complementar os dados já existentes.

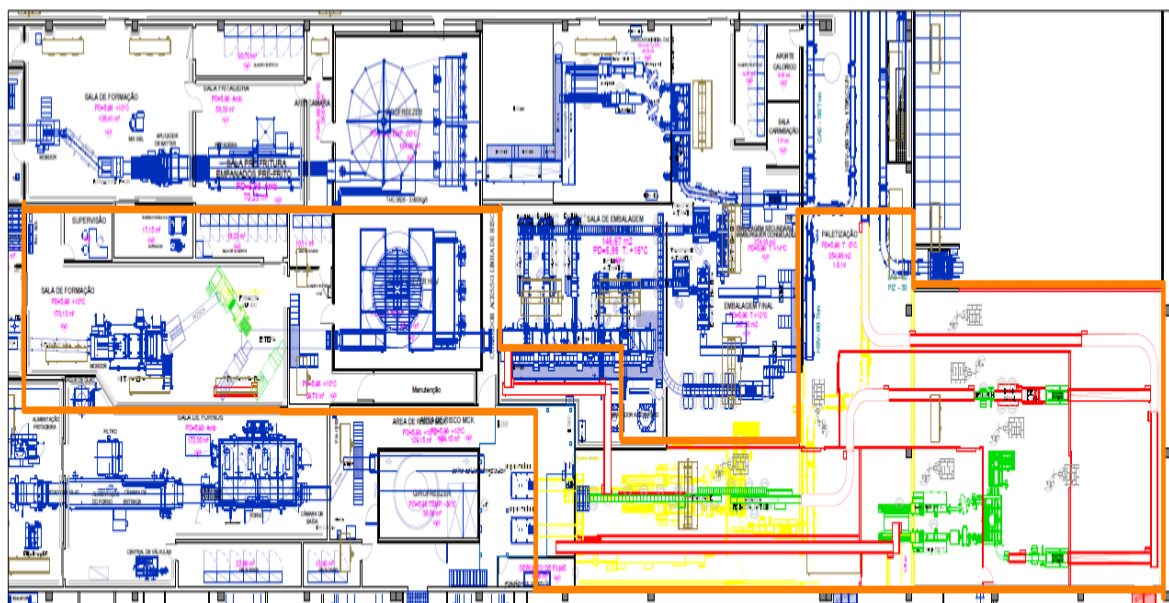
O projeto foi dividido em: metodologia, onde se apresentam os dados adquiridos, tanto da situação atual, quanto da futura; cálculos de carga térmica dos ambientes futuros; análise dos resultados dos cálculos, de carga térmica; seleção de equipamentos e levantamento de custos para mão de obra.

## **2 OBJETIVO**

Fazer comparação dos ambientes e equipamentos atuais com os futuros, calcular a carga térmica destes novos ambientes, e verificar se o sistema de refrigeração atual da planta é capaz de absorver as alterações que serão realizadas para implantar as linhas de quibe e almôndega.

### 3 METODOLOGIA

Recebemos a proposta da Engenharia, setor de Obras e Projetos, com o intuito de levantar os equipamentos e alterações necessárias, adequando a parte de refrigeração da linha para a produção de quibe e almôndega. O ANEXO B mostra o layout da planta do industrializados, térreo, da BRF Rio Verde. E na figura 15 foi destacado a linha, que é o foco do presente projeto; onde os produtos serão processados na sala de formação do hambúrguer; congelados no giro freezer do hambúrguer e depois enviados para as embalagens do mini chicken, sendo que haverá alterações de layout nestes ambientes. As linhas, em amarelo, representam os equipamentos que serão desativados ou realocados; as vermelhas, equipamentos novos aos quais irão ser instalados; em verde, os equipamentos que serão realocados, mostrando sua nova posição; e em azul, os equipamentos a serem mantidos sem alguma alteração.

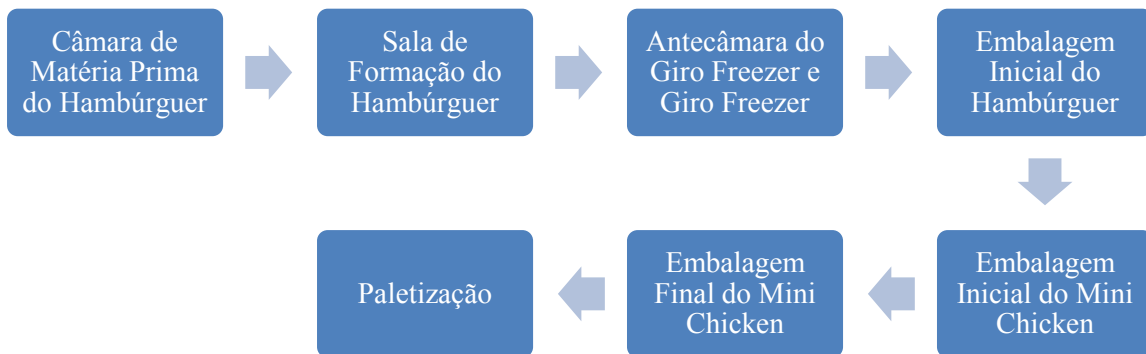


**Figura 15 - Layout destacado dos ambientes modificados com a implantação da linha de quibe e almôndega.**

Para iniciarmos o projeto, levantamos dados da situação atual, depois da situação futura, como ficariam as linhas de quibe e almôndega; para então podermos fazer os cálculos de carga térmica, adequando ao necessário.

### 3.1 Situação Atual

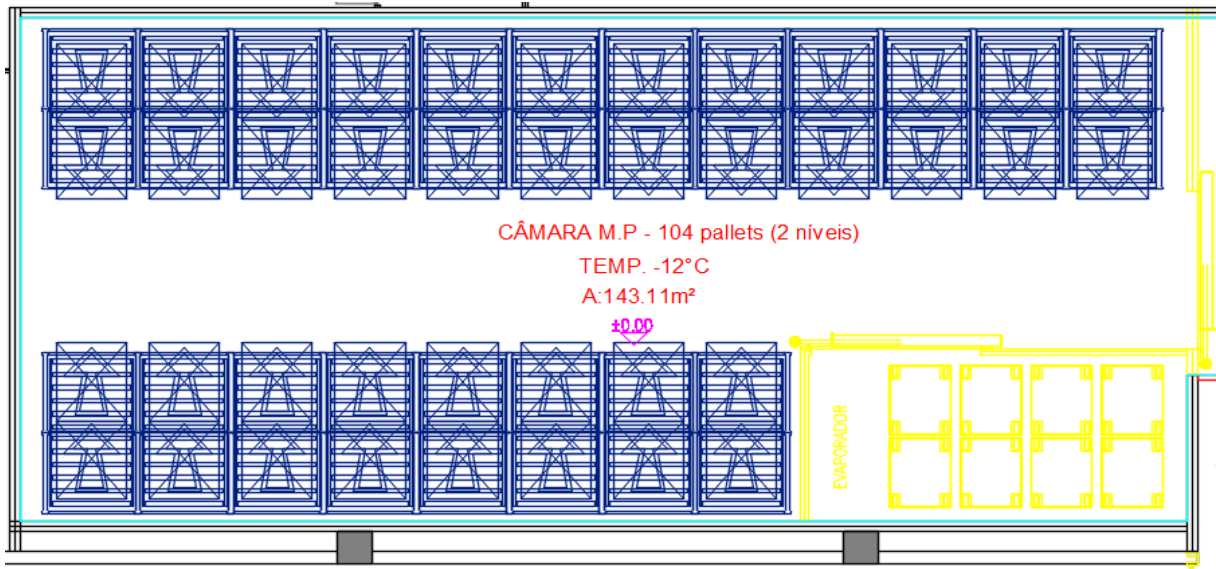
O fluxograma, a seguir, mostra a sequência de produção de hambúrguer, onde serão fabricados o quibe e a almôndega; e o processo de embalagem dos empanados, na linha de mini chicken que sofrerá modificação para adequar-se à nova linha.



**Figura 16 - Fluxograma dos ambientes atuais que sofrerão alteração de layout para implantação da linha de quibe e almôndega.**

#### 3.1.1 Câmara de Matéria-prima do Hambúrguer

A câmara de matéria-prima do hambúrguer é onde fica estocada a matéria-prima necessária para a fabricação do produto. Sendo que nesta sala, ficam estocadas a carne bovina, a carne de frango e a cebola, todas elas congeladas. Abaixo, seguem dados da câmara de matéria prima.



**Figura 17 - Layout da câmara de matéria-prima do hambúrguer.**

- 1 (um) nicho evaporador, com 3 (três) ventiladores de 600 mm de diâmetro. Cada ventilador possui potência de 3 CV e este evaporador utiliza amônia a -30 °C, como fluido refrigerante. A capacidade de refrigeração do evaporador é de 17000 kcal/h.
- Na câmara de matéria-prima trabalha apenas 1 (uma) pessoa, porém a mesma não fica todo tempo dentro da câmara, por causa da temperatura.
- Há 20 (vinte) lâmpadas de 54 W cada, dentro da câmara.
- 1 (uma) porta de 4000 x 2000 (mm).
- Temperatura ambiente mínima de -12 °C.
- Isolamento de poliestireno expandido com 150 mm de espessura.
- Carga térmica atual do ambiente é de 13641 kcal/h.

### ***3.1.2 Sala de Formação do Hambúrguer***

Neste local, os produtos: carne bovina, carne de frango e cebola são colocados em uma esteira que leva-os até o moedor, para triturá-los congelados. Do moedor, vão para a misturadeira, onde são acrescentados o sal, a pimenta e a proteína. Assim, é formada a massa, congelada, que se tornará o hambúrguer. Saindo da misturadeira, essa massa é transportada por meio de uma rosca sem fim para as formadoras, que produzirão o hambúrguer; onde este deve

ter diâmetro médio de 95 mm. A produção atual de hambúrguer nesta linha é de 2000 kg/h. Depois de formado o hambúrguer, o mesmo é enviado ao giro freezer para ser congelado. Seguem os dados da sala de formação do hambúrguer.

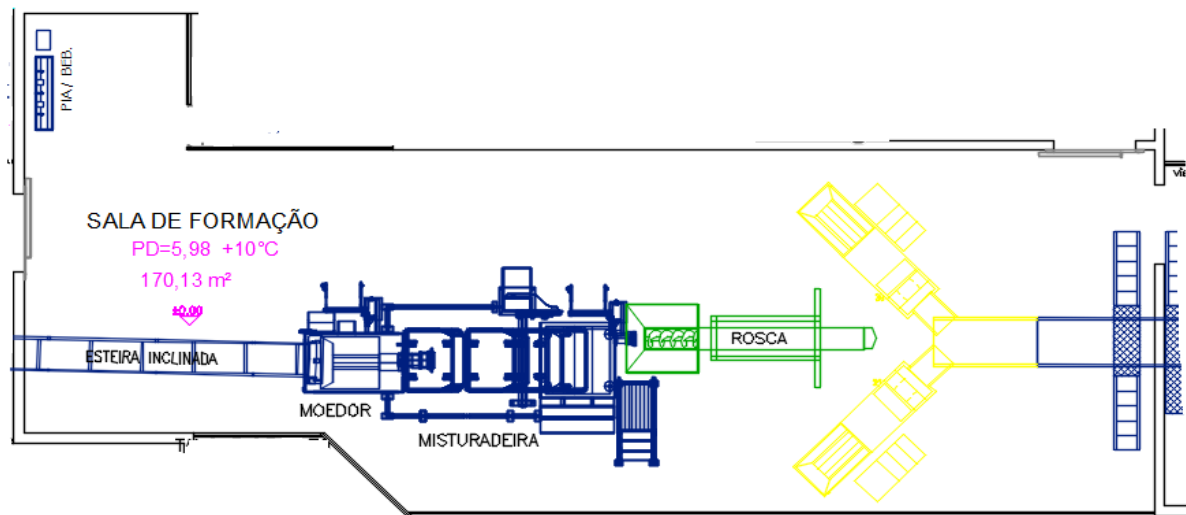


Figura 18 - Layout da sala de formação do hambúrguer.

- 3 (três) climatizadores, com 3 (três) ventiladores de 450 mm e 0,64 CV de potência cada. O fluido de refrigerante utilizado no climatizador é água. Capacidade de refrigeração de cada climatizador é de 20000 kcal/h.
- Na sala, trabalham 5 (cinco) pessoas.
- Há 28 (vinte e oito) lâmpadas de 54 W cada.
- 1 (um) moedor/misturadeira de 18 CV de potência.
- 1 (uma) rosca transportadora de 2 CV de potência.
- 1 (uma) esteira inclinada de 1 CV de potência.
- 2 (duas) formadoras FORMAX F-26, com 30 CV de potência e capacidade de produção de 2500 kg/h cada formadora.
- 1 (uma) porta de 2000 x 1500 (mm).
- Temperatura ambiente de 10 °C.
- Isolamento de poliestireno expandido, com 100 mm de espessura.
- Carga térmica atual do ambiente é de 47550 kcal/h.



### 3.1.3 Antecâmara do Giro Freezer HBV

Este local é uma antecâmara para que o produto possa entrar no giro freezer do hambúrguer e ser congelado, minimizando assim as diferenças de temperatura ambiente. O produto entra com temperatura de  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$  e deve sair com temperatura mínima de  $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ , num tempo de retenção média de 26 minutos para o congelamento. Seguem os dados da antecâmara do giro freezer do HBV e do giro freezer.

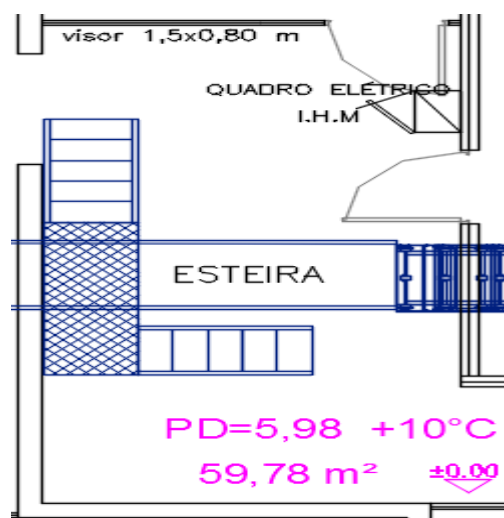


Figura 19 - Layout da antecâmara do hambúrguer.

- Há 8 (oito) lâmpadas de 54 W cada.
- No local, trabalha 1 (uma) pessoa.
- Temperatura ambiente de  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- 2 (dois) evaporadores, com 1 (um) ventilador de 450 mm cada. O ventilador possui potência de 0,64 CV e estes evaporadores utilizam amônia a  $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$  como fluido refrigerante. Capacidade de refrigeração de cada evaporador é de 6000 kcal/h.
- 1 (um) giro freezer, com 3 (três) ventiladores de 25 CV de potência cada. A serpentina do giro freezer é alimentada com amônia a  $-38\text{ }^{\circ}\text{C}$ , proveniente da sala de máquinas. Carga térmica atual de 408000 kcal/h.
- 1 (uma) esteira com 1 CV de potência.

- 1 (uma) porta de 2000 x 1500 (mm).
- Isolamento da antecâmara de poliestireno expandido com 100 mm de espessura.
- Carga térmica atual do ambiente é de 9167 kcal/h.

### 3.1.4 Embalagem Inicial do Hambúrguer

Neste local, o hambúrguer é selecionado de acordo com as normas de fabricação da empresa, e embalado em embalagens plásticas. Abaixo, segue a lista dos dados da embalagem inicial do hambúrguer.

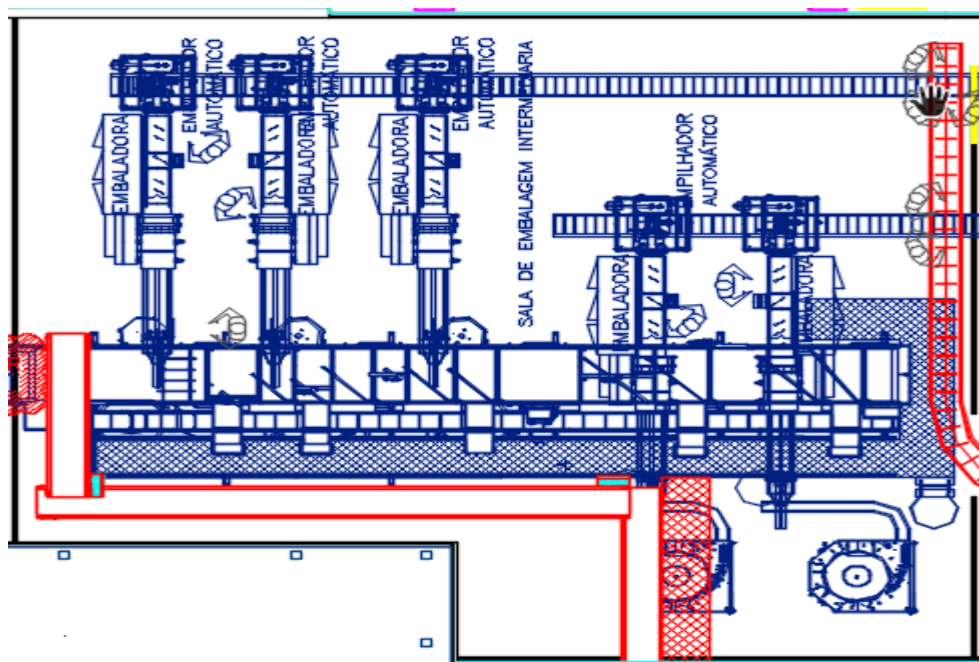


Figura 20 - Layout da embalagem inicial do hambúrguer.

- No local, trabalham 10 (dez) pessoas.
- Há 12 (doze) lâmpadas de 54 W cada.
- 2 (dois) climatizadores bidirecional, com 3 (três) ventiladores de 500 mm e potência de 1,5 CV cada ventilador. O climatizador utiliza água com fluido refrigerante. Capacidade de refrigeração em cada climatizador é de 24 000 kcal/h.
- 2 (duas) esteiras KUC MAQ com 1 CV de potência cada.

- 1 (uma) esteira na saída do giro freezer com 3 CV de potência.
- 5 (cinco) embaladoras CARRERA 2000PC com 5 CV de potência cada.
- 5 (cinco) empilhadores automáticos com 2 CV de potência cada.
- 2 (duas) portas de 2000 x 1500 (mm).
- Temperatura ambiente de no máximo 16 °C.
- Isolamento de poliestireno expandido com 100 mm de espessura.
- Carga térmica atual do ambiente é de 40664 kcal/h.

### 3.1.5 Embalagem Inicial do Mini Chicken

Como o foco do trabalho é nas alterações de layout e serão necessárias para a implantação da linha de quibe e almôndega; agora, partiremos para a sala de embalagem inicial do MCK, que é o fluxo do produto futuro. Neste local, o empanado é selecionado de acordo com as normas de fabricação da empresa, e embalado em embalagens plásticas. Abaixo, segue a lista dos dados da embalagem inicial do MCK.

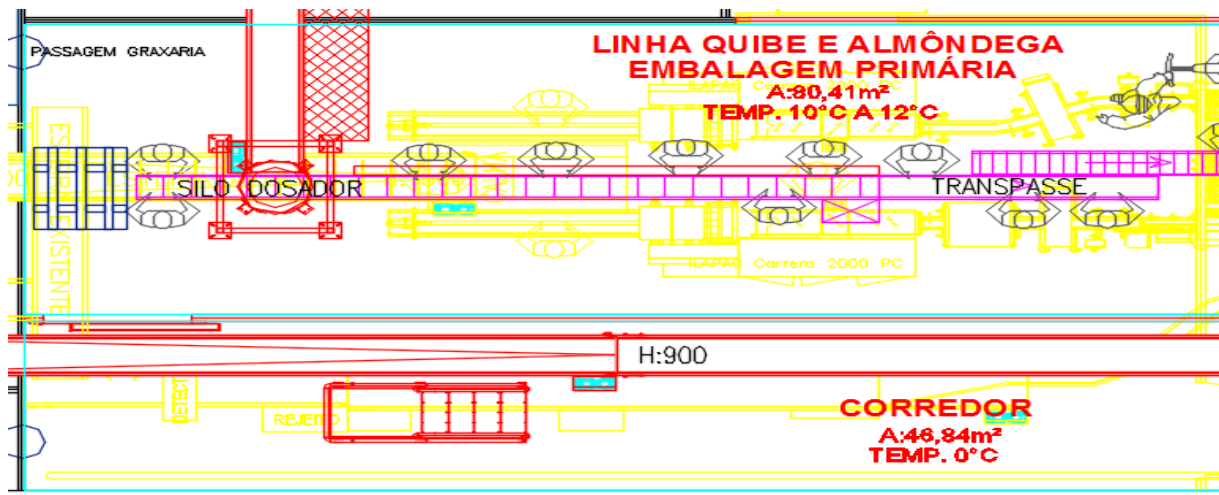


Figura 21 - Layout da embalagem inicial de mini chicken.

- No local, trabalham 6 (seis) pessoas.
- Há 14 (quatorze) lâmpadas de 54 W cada.

- 1 (um) climatizador bidirecional, com 3 (três) ventiladores de 500 mm e potência de 1,5 CV cada ventilador. O climatizador utiliza água com fluido refrigerante. Capacidade de refrigeração do climatizador é de 24000 kcal/h.
- 3 (três) esteiras KUC MAQ (1 CV) de potência cada.
- 2 (duas) embaladoras CARRERA 2000PC com 5 CV de potência cada.
- 2 (duas) esteiras de steak com 1 CV de potência cada.
- 2 (duas) portas de 2000 x 1500 (mm).
- Temperatura ambiente de no máximo 16 °C.
- Isolamento de poliestireno expandido com 100 mm de espessura.
- Carga térmica atual do ambiente é de 19772 kcal/h.

### 3.1.6 Embalagem Final do Mini Chicken

Neste local, o empanado é colocado dentro das caixas, através de uma encaixotadora de steak pneumática, lacrada e destinada para o centro de distribuição, através de esteiras existentes na paletização. Abaixo, segue a lista dos dados da embalagem final do MCK.

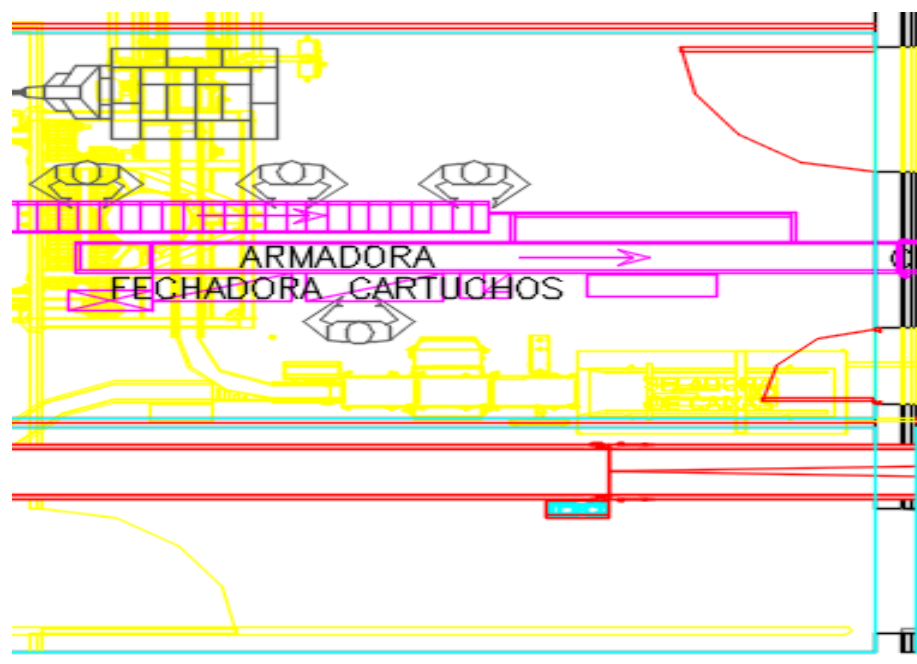


Figura 22 - Layout da embalagem final do mini chicken.

- 1 (uma) encaixotadora de steak TORFRESMA com 11 CV de potência.
- No local, trabalham 4 (quatro) pessoas.
- Há 12 (doze) lâmpadas de 54 W cada.
- 1 (uma) formadora de caixas com 1 CV de potência.
- 1 (uma) seladora de caixas com 1,5 CV de potência.
- 1 (um) climatizador bidirecional com 3 (três) ventiladores de 500 mm com 1,5 CV de potência cada. O climatizador utiliza água como fluido refrigerante. Capacidade de refrigeração do climatizador é de 24000 kcal/h.
- 1 (uma) portas de 2000 x 1500 (mm).
- Temperatura ambiente de 16 °C.
- Isolamento de poliestireno expandido com 100 mm de espessura.
- Carga térmica atual do ambiente é de 19035 kcal/h.

### 3.1.7 Paletização

Na paletização,, o produto já encaixotado é enviado até o centro de distribuição por meio de esteiras. Abaixo segue a lista dos dados da paletização.

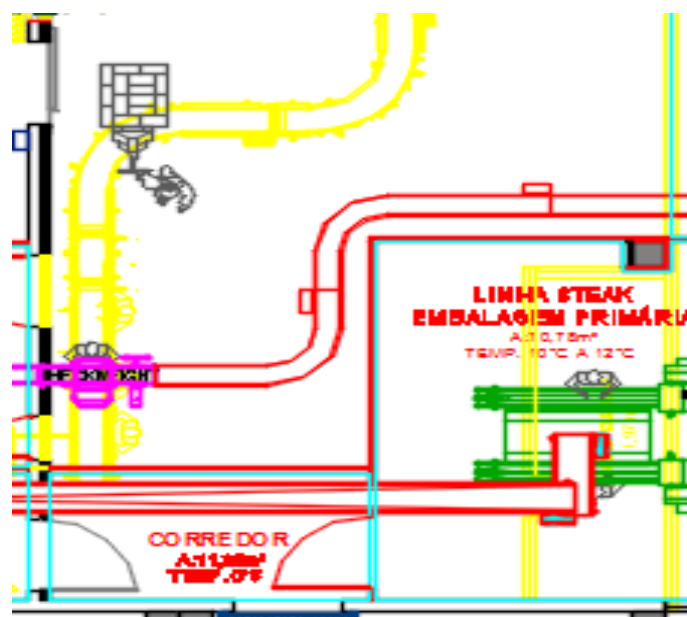


Figura 23 - Layout da paletização.

- No local, trabalham 4 (quatro) pessoas.
- Há 12 (doze) lâmpadas de 54 W cada.
- Esteiras com 5 CV de potência no total.
- Temperatura ambiente de 0 °C.
- Isolamento de poliestireno expandido, com 100 mm de espessura.
- Carga térmica atual do ambiente é de 26025 kcal/h.
- 1 (um) evaporador com 3 (três) ventiladores de 500 mm de diâmetro. Cada ventilador possui potência de 1,5 CV e este evaporador utiliza amônia a -3 °C como fluido refrigerante. Capacidade de refrigeração do evaporador é de 32000 kcal/h.

### 3.1.8 Câmara de Estocagem do Industrializados

Na câmara de estocagem do industrializados, o produto é armazenado até que seja carregado para transporte. Abaixo segue a lista dos dados da câmara.

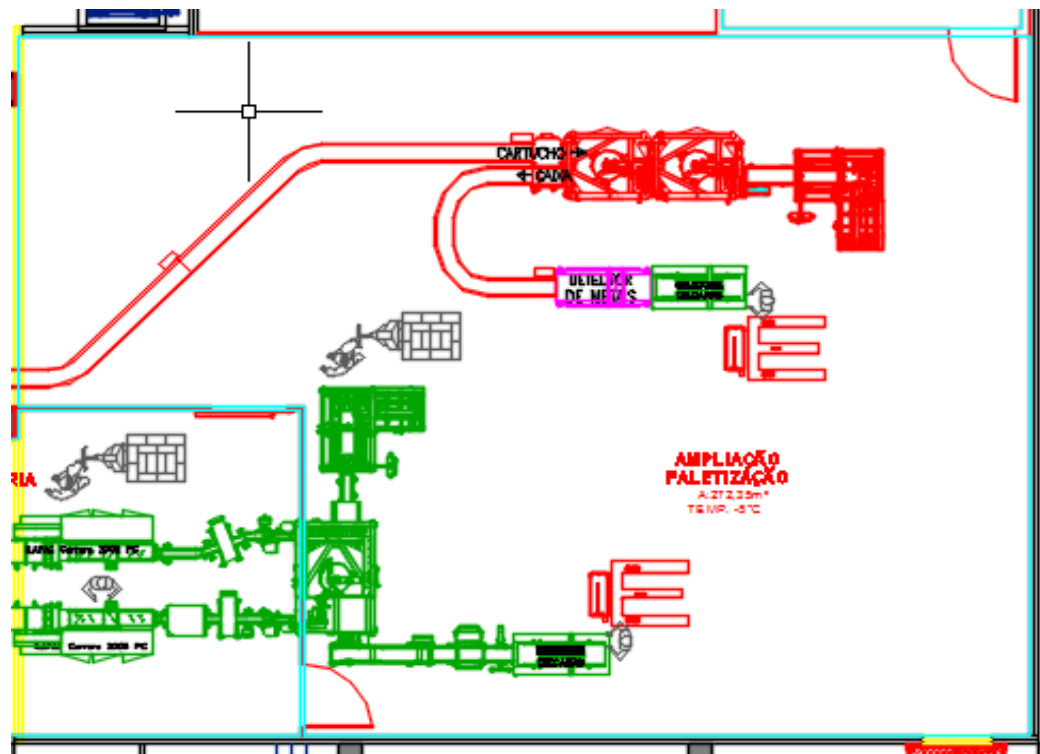


Figura 24 - Layout da câmara de estocagem do industrializados.

- No local, trabalha 1 (uma) pessoa, sendo que ela não fica todo momento dentro da câmara, por causa da baixa temperatura.
- Há 30 (trinta) lâmpadas de 54 W cada.
- Temperatura ambiente de no mínimo -18 °C.
- Isolamento de poliestireno expandido com 150 mm de espessura.
- Carga térmica atual do ambiente é de 37483 kcal/h.
- 1 (um) nicho evaporador com 3 (três) ventiladores de 600 mm de diâmetro. Cada ventilador possui potência de 3 CV e este evaporador utiliza amônia a -30 °C como fluido refrigerante. Capacidade de refrigeração do evaporador é de 45000 kcal/h.

### 3.2 Situação Futura

A matéria-prima, carne bovina, virá da empresa MINERVA FILE FOODS, situada em Várzea Grande – MT, assim como já acontece, com esse tipo de carne, para a produção de hambúrguer. A nova linha de quibe e almôndega funcionará apenas em um turno, com produção diária de 16 toneladas de produto. No entanto, não haverá grandes alterações na obtenção da carne bovina congelada, pois um turno de hambúrguer irá parar para produzir quibe e almôndega. Então, a matéria-prima que seria utilizada no hambúrguer, agora será utilizada para a fabricação do novo produto. A figura 25 apresenta o fluxograma de produção de quibe e almôndega, assim como as novas salas que serão criadas. E a figura 26 mostra o fluxograma das câmaras que também serão alteradas para a implantação da linha de quibe e almôndega, com sua nova nomenclatura.

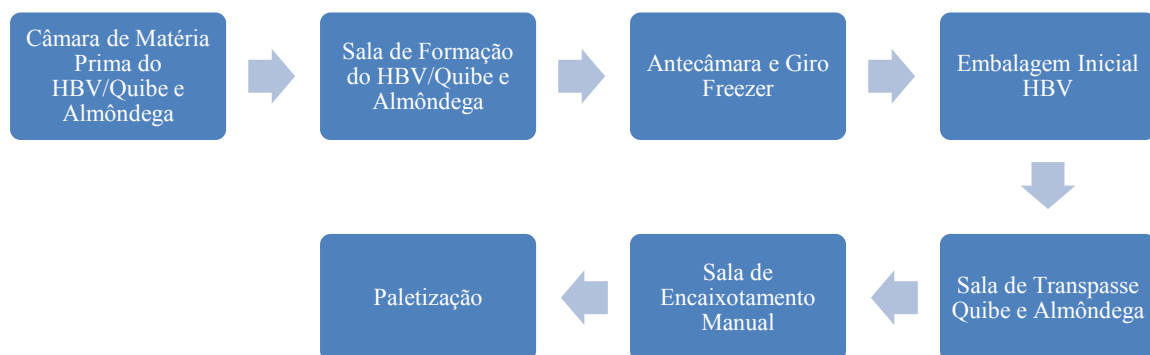


Figura 25 - Fluxograma de produção de quibe e almôndega.



Figura 26 - Fluxograma das câmaras que serão modificadas para a implantação das linhas de quibe e almôndega, com a nova nomenclatura destas câmaras.

### 3.2.1 *Câmara de Matéria-prima do HBV, Quibe e Almôndega*

Neste local, será armazenada a matéria-prima de carne bovina que é transportada atualmente de Várzea Grande – MT, para a unidade da BRF de Rio Verde – GO. A matéria-prima para produção de quibe e almôndega, é a mesma do hambúrguer, assim como sua produção também; então não haverá mudanças significativas. O layout desta câmara pode ser visto na figura 17, citada anteriormente.

### 3.2.2 *Sala de Formação do HBV/Quibe e Almôndega*

Nesta sala, uma das formadoras FORMAX F-26 será substituída por uma formadora CFS MLF 600, com 30 CV de potência, que possui capacidade de produção de 2500 kg/h. A outra formadora será reposicionada, necessitando assim de uma nova esteira para transportar a massa para essa formadora. A produção estimada de quibe e almôndega, inicialmente, de acordo com a necessidade de mercado, é de 2000 kg/h; onde cada peça deverá ter peso variando de 34 gramas a 36 gramas, para ambos os produtos. Portanto, vemos que a formadora selecionada, está de acordo com a produção por hora. A formadora CFS MLF 600 será retirada da linha de quibe e almôndega, da unidade BRF de Várzea Grande – MT, para ser utilizada na nova linha dos mesmos produtos em Rio Verde – GO. Os demais equipamentos não sofrerão alterações. A figura 27 apresenta o layout da sala com as alterações de equipamento.



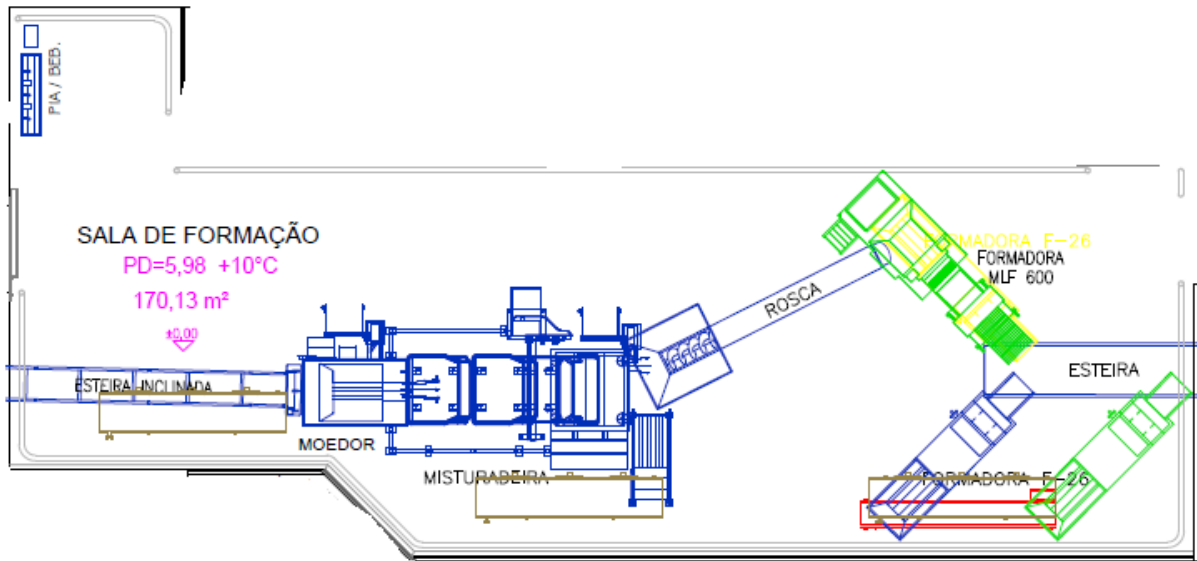


Figura 27 - Layout da sala de formação do hambúrguer.

### 3.2.3 Antecâmara e Giro Freezer

Os produtos serão congelados no giro freezer, onde os mesmos deverão sair do equipamento com temperatura de no mínimo  $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ , que é a temperatura utilizada para mercado interno. O tempo de retenção dos produtos no giro freezer será em média de 20 minutos, e assim, garantir o congelamento do quibe e da almôndega. Não serão necessárias alterações no giro freezer para o novo produto. A antecâmara também não sofrerá alterações de equipamento e layout, e pode ser visto na figura 19, citada anteriormente.

### 3.2.4 Embalagem Inicial do HBV

Neste local, serão instaladas 3 esteiras com 1 CV de potência cada, para levarem os produtos da saída do giro freezer até a sala de transpasse de quibe e almôndega. Não haverá mais alterações de equipamentos ou layout. O layout da sala pode ser visto na figura 28.

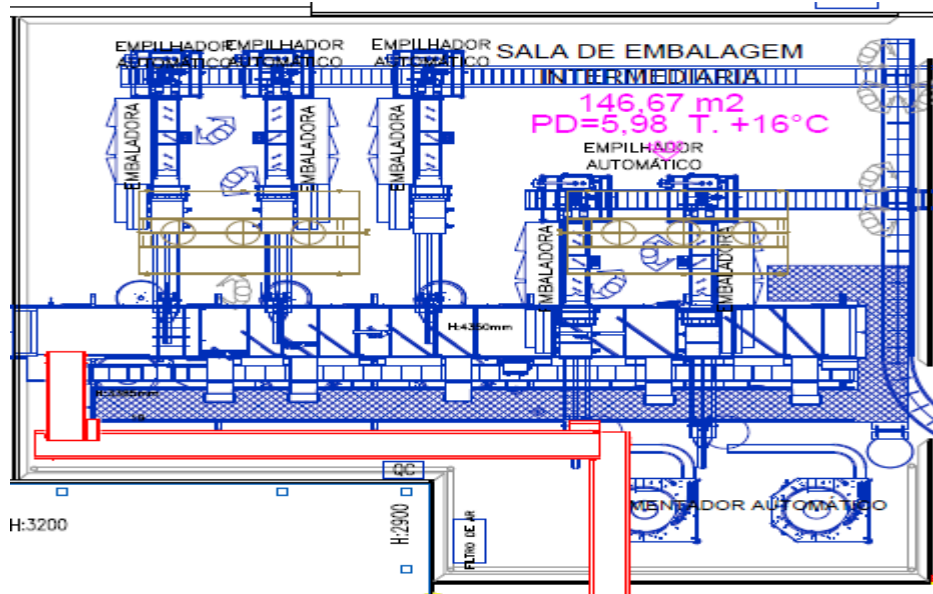


Figura 28 - Layout da embalagem inicial do hambúrguer.

### 3.2.5 Sala de Transpasse de Quibe e Almôndega

Este local será criado, tomando-se espaço das embalagens inicial e final do mini chicken. Na sala de transpasse de quibe e almôndega, as esteiras serão realocadas para uma nova posição, onde os produtos serão embalados em caixas de 500 gramas e selados em equipamento próprio. Neste local, trabalharão 15 pessoas, pois o processo será manual. Na saída da seladora de caixas, será instalada nova esteira com potência de 1 CV. A figura 29 mostra o layout da sala de transpasse.

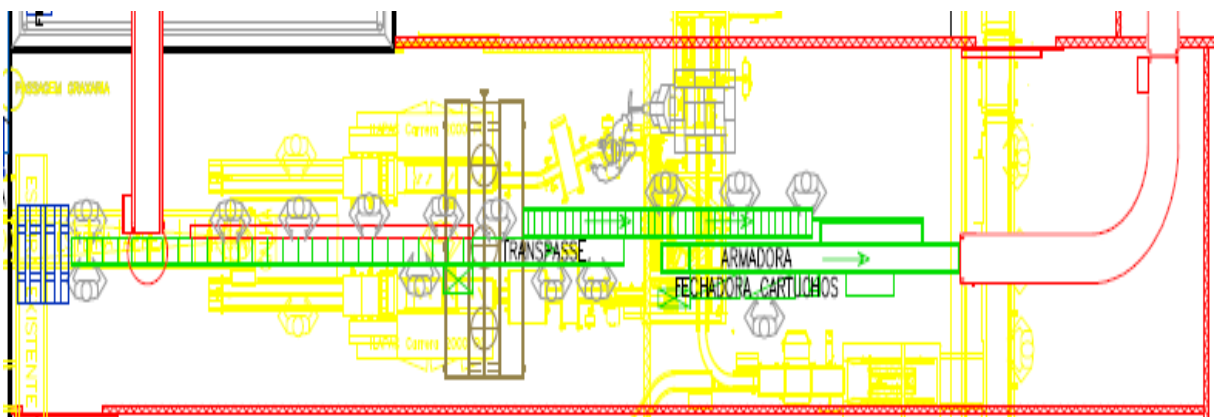


Figura 29 - Layout da sala de transpasse de quibe e almôndega.

### 3.2.6 Sala de Encaixotamento Manual

Saindo da sala de transpasse e entrando na sala de encaixotamento manual, serão instaladas 2 novas esteiras, com 1 CV de potência cada; onde o produto passará por uma balança, já existente na fábrica, depois será colocado em caixas de 6 kg. Esse produto passará por detector de metais, que deverá ser novo. Por último, as caixas serão fechadas na seladora de caixas (equipamento este já existente na empresa). Será instalada outra esteira, com potência de 1 CV, para ser adaptada na saída da sala das ILAPAC de empanados, para transportar estes empanados até a paletização. Parte desta sala tomará espaço da antiga câmara de estocagem do industrializados, que será desativada. A figura 30 mostra o layout da sala de encaixotamento manual.

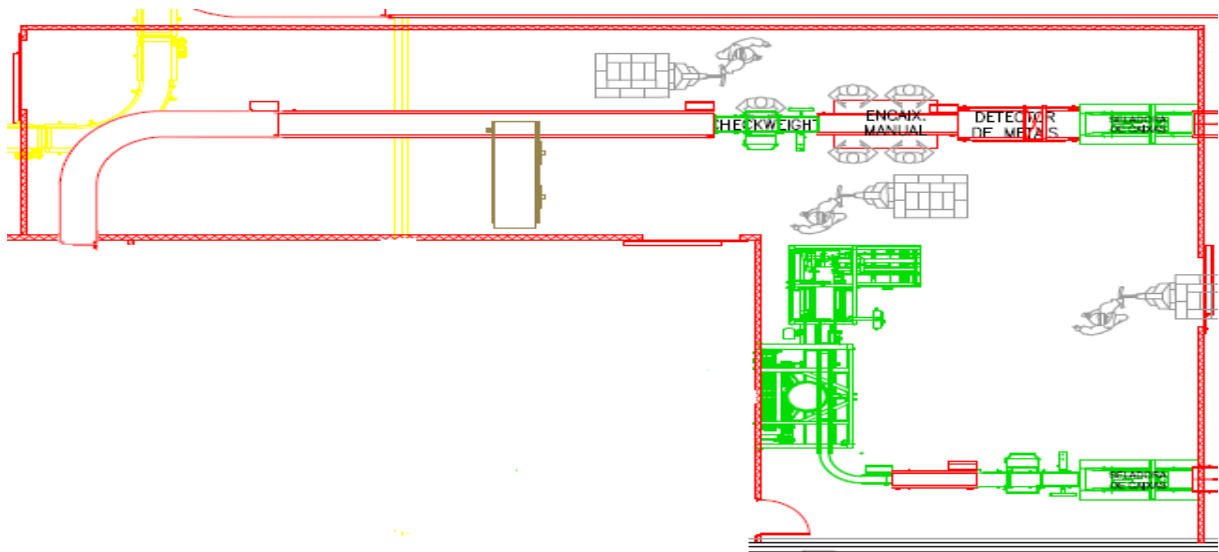


Figura 30 - Layout sala de encaixotamento manual.

### 3.2.7 Paletização

Este local será construído tomando-se o restante do espaço que era da câmara de estocagem do industrializados. Na nova paletização, serão instaladas 5 novas esteiras, com potência de 1 CV cada, realizando o transporte tanto de quibe e almôndega, quanto de empanados da linha de mini chicken, para o centro de distribuição. Haverá a necessidade de

adquirir novo evaporador para este local, pois o que já existe, está fora dos padrões de uso. A figura 31 mostra o layout da paletização.

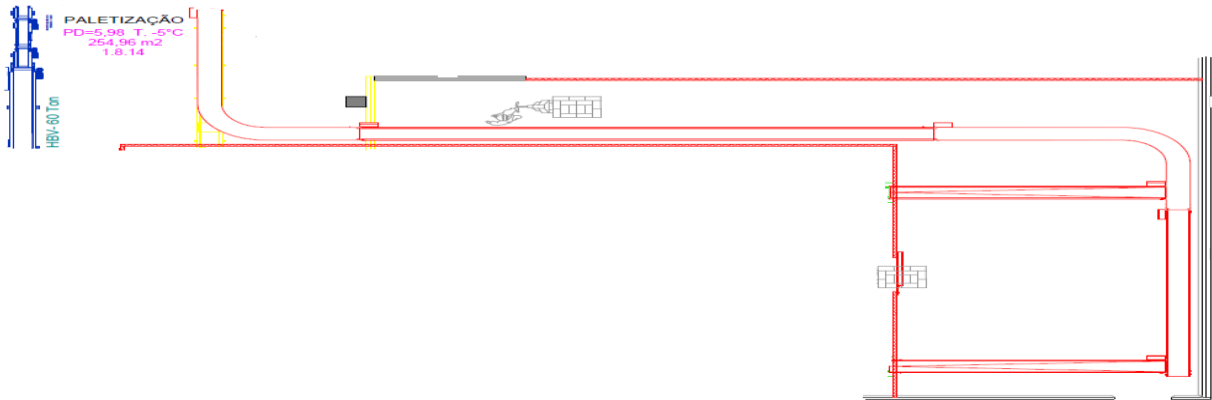


Figura 31 - Layout da nova paletização.

### 3.2.8 *Corredor de Transpasse do Mini Chicken*

Este local será apenas um corredor que levará o empanado congelado, que sai do giro freezer do mini chicken, para a sala das ILAPAC, onde será embalado. Nele, será instalada uma esteira com potência de 2 CV, que fará o transporte do produto; e também um evaporador, para refrigerar o ambiente; pois após as alterações de layout, este ambiente não terá mais equipamento de refrigeração. Esta sala será montada onde atualmente são as embalagens inicial e final do mini chicken. A figura 32 mostra o corredor de transpasse do mini chicken.

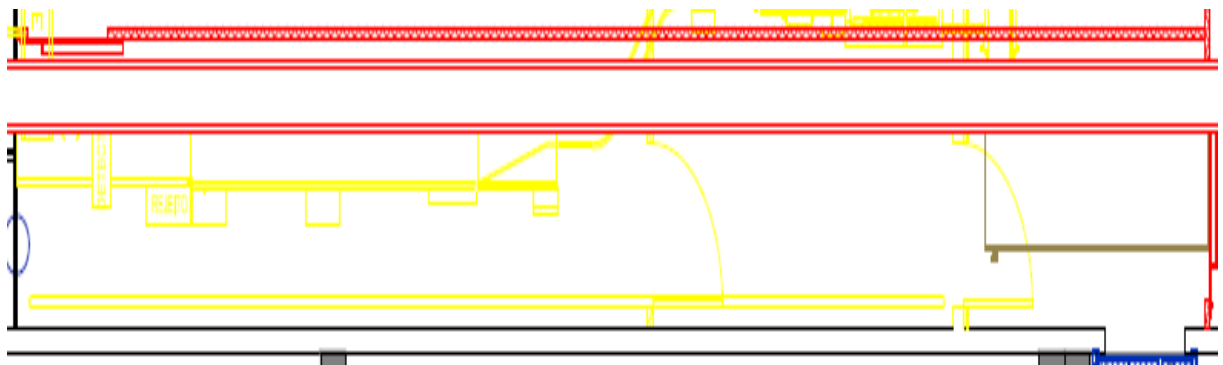


Figura 32 – Layout corredor de transpasse do mini chicken.

### 3.2.9 Sala das ILAPAC

Nesta sala, o empanado será embalado e enviado para o centro de distribuição; será instalada uma esteira, com 1 CV de potência, para receber o produto da sala de transpasse do mini chicken. Em seguida, o mesmo será levado até as duas embaladoras ILAPAC CARRERA PC 2000, que eram da antiga embalagem inicial do mini chicken, as quais serão utilizadas nesta nova sala. Também será necessário evaporador para refrigerar o ambiente, pois após as alterações de layout, este ambiente não terá mais equipamento de refrigeração. Após isto, o empanado é encaixotado, pela encaixotadora pneumática de steak, lacrado na seladora e enviado para a paletização. Sendo que, estes empanados passam dentro da sala de encaixotamento manual de quibe e almôndega, por meio de esteira, para chegarem até a paletização. Esta sala será montada onde atualmente são a paletização e a câmara de estocagem do industrializados. A figura 33 mostra o layout da sala das ILAPAC.

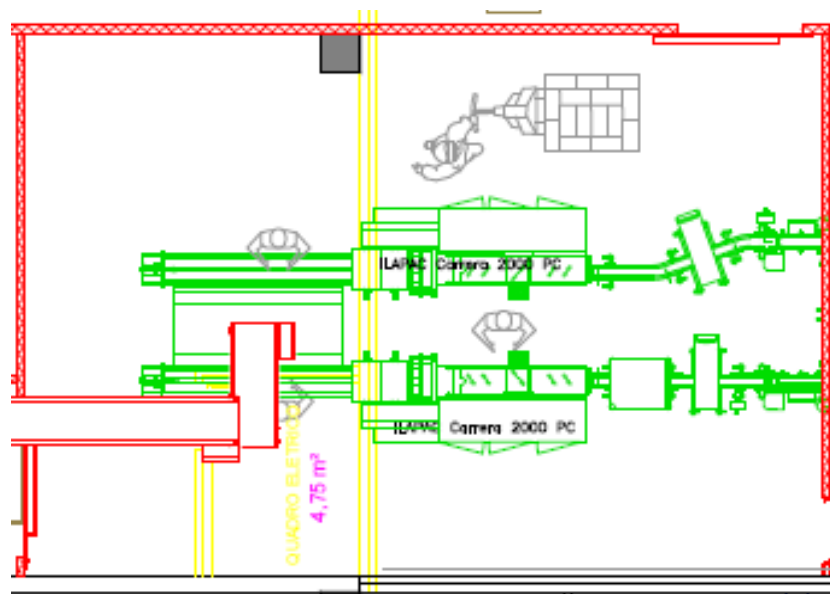


Figura 33 - Layout da sala das ILAPAC.

#### 4 CARGA TÉRMICA

Nesta seção, serão realizados os cálculos de carga térmica dos novos ambientes que surgirão com as alterações de layout.

Para iniciar os cálculos de carga térmica, são necessários os dados do ar ambiente da cidade; o coeficiente de transmissão, que é inerente ao tipo e espessura do isolamento; e a insolação sobre as paredes.

Utilizando da norma NBR 16401, é possível calcular as propriedades do ar de Rio Verde. Sendo que, para os cálculos, foram utilizados dados com base nas propriedades do ar de Goiânia, pela falta de dados sobre a cidade de Rio Verde. A tabela 1 apresenta as propriedades do ar.

Tabela 1 - Dados do ar de Rio Verde, calculado com auxílio de programa computacional.

Localização	TBS (°C)	TBU (°C)	UR (%)	P <sub>atm</sub> (Kpa)	H (Kj/Kg)	ρ (kg/m <sup>3</sup> )
Rio Verde - GO	33,1	23,7	46,86	92,67	75,12	1,03

Fonte: NBR 16401 (2008).

A figura 34 mostra o coeficiente de transmissão do poliestireno expandido, isolamento térmico utilizado na indústria, em função das espessuras.

Características técnicas do Painel frigorífico							
Núcleo	Largura mm.	Acabamento	Espessura mm.	Temperatura °C	Transmissão Kcal/m <sup>2</sup> h °C	Peso 2f / 1f Kg/m <sup>2</sup>	Vão máximo 2f / 1f mt.
EPS	1.150	Pré-pintado ou Aço inox 304	50	até +16	0,6848	9,54 / 4,41	2,68 / 2,12
			100	até -5	0,3630	10,26 / 5,13	4,28 / 3,62
			150	até -20	0,2470	10,63 / 5,50	5,86 / 5,11
			200	até -30	0,1872	11,71 / 6,58	6,52 / 5,75
PUR		Alumínio stucco	50	até +6	0,4905	11,33 / 6,22	3,55 / 2,75
			100	até -20	0,2557	13,17 / 8,06	5,80 / 4,45
			120	até -30	0,2138	13,78 / 8,67	6,50 / 4,95
			150	até -40	0,1732	15,10 / 9,99	7,45 / 5,65

Figura 34 - Dados do isolante térmico de poliestireno expandido.

A figura 35 mostra o acréscimo da temperatura externa, em função da incidência solar sobre as paredes externas, e da cor das paredes.

Orientação Cor da Parede	Escura	Média	Clara
SE	4,5	2,5	1,5
E	6	3,5	2
NE	3,2	2	1
N	1	0,2	1
NO	3,5	2	1
O	6	3,5	2
SO	4,5	2,5	1,5
Forro	10	6	3,5

Figura 35 - Acréscimo de temperatura devido a insolação.

Os dados acima são o ponto de partida para os cálculos de carga térmica dos ambientes. A carga térmica total é representada pela equação 1:

$$CT = Q_{cond} + Q_{inf} + Q_{pr} + Q_{vent} + Q_{equip} + Q_{il} + Q_{pe} \quad (1)$$

$Q_{cond}$  é o calor de condução que atravessa as paredes e o teto das câmaras pelo diferencial de temperatura interno e externo.  $Q_{cond}$  é calculado através da equação 2:

$$Q_{cond} = U * A * [(Text + \Delta T_{ins}) - T_{cf}] \quad (2)$$

onde,

U – Coeficiente de transmissão (kcal/m<sup>2</sup>.h.°C)

A – Área onde ocorre a condução de calor (m<sup>2</sup>)

Text – Temperatura externa a câmara (°C)

$\Delta T_{ins}$  – Acréscimo de temperatura devido a insolação (°C)

Tcf – Temperatura interna da câmara (°C)

$Q_{inf}$  é o calor de infiltração que entra na câmara, seja através de portas, ou apenas por diferenças de temperaturas entre ambientes, com temperatura controlada.  $Q_{inf}$  é calculado com as equações 3 e 4:

$$Q_{inf} = V_e * \rho_e * (H_e - H_i) \quad (3)$$

$$V_e = n * V_{cf} * Z; \quad V_e = v_e * t \quad (4)$$

onde,

$V_e$  – Volume de ar que infiltra na câmara (m<sup>3</sup>/dia)

$\rho_e$  – Massa específica do ar externo (kg/m<sup>3</sup>)

$H_e$  – Entalpia do ar de externo (kJ/kg)

$H_i$  – Entalpia do ar interno (kJ/kg)

$V_{cf}$  – Volume da câmara (m<sup>3</sup>)

$n$  – Número de trocas diárias de ar

$Z$  – Fator de movimentação nas câmaras

$v_e$  – Vazão de ar que entra na câmara (m<sup>3</sup>/s)

As figuras 36 e 37 apresentam os valores de  $n$  e  $Z$ , em função do volume da câmara e da circulação das câmaras, respectivamente. Para valores de volume da câmara intermediários, aos apresentados na figura 34, é feito interpolação linear, assim, encontra-se o valor de  $n$ .



VOLUME DA CÂMARA (M³)	T < 0°C	T ≥ 0°C
7	29	38
8,5	26,2	34,5
11,5	22,5	29,5
14	20	26
17	18	23
23	15,3	20
28	13,5	17,5
42	11	14
57	9,3	12
85	8,1	9,5
115	7,4	8,2
140	6,3	7,2
170	5,6	6,5
230	5	5,5
420	3,8	3,9
570	2,6	3,5
700	2,3	3
850	2,1	2,7
1150	1,8	2,3
1400	1,5	2
2000	1,3	1,6
≥40000	0,2	0,3

Figura 36 - Fator n em função do volume e temperatura da câmara.

**Z = Fator de movimentação nas câmaras**  
**Z = 1 ; circulação normal (câmaras de resfriamento, túnel de congelamento, estocagem de resfriado e etc...)**  
**Z = 0,6 ; baixa circulação (estocagem de congelado)**  
**Z = 2 ; alta circulação (plataformas de expedição e descarga, abate, desossa, corredores de circulação e etc...)**

Figura 37 - Fator Z em função da circulação dentro da câmara.

$Q_{pr}$  é o calor de produto, é o calor necessário a ser retirado do ambiente para resfriar o produto ou manter sua temperatura. Pode ser calculado pela equação 5:

$$Q_{pr} = M [Cp_r \cdot (T_e - T_{cg}) + L + Cp_{cg} \cdot (T_{cg} - T_f)] \quad (5)$$

onde,

M – Massa de produto

$C_{pr}$  – Calor específico do produto acima do congelamento

$T_e$  – Temperatura que o produto entra na câmara

$T_{cg}$  – Temperatura de congelamento do produto

$L$  – Calor latente do produto durante o congelamento

$C_{pcg}$  – Calor específico do produto abaixo do congelamento

$T_f$  – Temperatura final

Como nas novas câmaras, os produtos já virão congelados, com temperatura inferior à temperatura ambiente, estes não terão influência sobre a carga térmica dos ambientes.

$Q_{vent}$  é o calor dos motores dos evaporadores que fazem a circulação do ar dentro das câmaras, e pode ser calculado pela equação 6:

$$Q_{mot.vent} = P_{mot}(CV) * 632 * \frac{1}{\eta_{mot}} \quad (6)$$

onde,

$P_{mot}(CV)$  – Soma das potências dos motores dos ventiladores em CV.

$\eta_{mot}$  – Rendimento do motor

$Q_{equip}$  é o calor dos equipamentos existentes dentro da câmara, exceto dos ventiladores dos evaporadores, e pode ser calculado pela equação 7:

$$Q_{equip} = P_{mot}(CV) * 632 * \frac{1}{\eta_{mot}} \quad (7)$$

$Q_{il}$  é o calor de iluminação das lâmpadas existentes no ambiente, e pode ser calculado pela equação 8:

$$Q_{il} = 0,86 * \Sigma W \quad (8)$$

onde,

$\Sigma W$  – Soma das potências das lâmpadas

$Q_{pe}$  é o calor de pessoas, esse calor se deve à função metabólica das pessoas dentro do ambiente e pode ser dado pela equação 9:

$$Q_{pe} = N * Q_{met} * t \quad (9)$$

onde,

N – Número de pessoas na câmara

$Q_{met}$  – Calor de metabolismo da pessoa

t – Tempo que cada pessoa fica dentro da câmara

O valor de  $Q_{met}$  pode ser adquirido em função da temperatura da câmara, de acordo com a figura 38. Para encontrar o calor de metabolismo, em temperaturas intermediárias às apresentadas, é feito interpolação linear.

<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Calor de Metabolismo (kcal/h.pessoa)</b>
<b>≥ 10</b>	<b>180</b>
<b>4</b>	<b>215</b>
<b>-1</b>	<b>240</b>
<b>-7</b>	<b>265</b>
<b>-12</b>	<b>300</b>
<b>-18</b>	<b>330</b>
<b>-24</b>	<b>360</b>

**Figura 38 - Calor de metabolismo.**

Através das fórmulas apresentadas anteriormente, é possível fazer os cálculos de carga térmica, onde os resultados podem ser vistos na tabela 2. Lembrando que os cálculos foram feitos apenas para os ambientes que sofrerão alterações de layout, pois os demais não sofreram variações de carga térmica. A tabela 3 mostra a comparação do antes e depois dos ambientes.

Tabela 2 - Carga térmica dos novos ambientes.

CARGA TÉRMICA								
	Qcond (kcal/h)	Qinf (kcal/h)	Qpr (kcal/h)	Qvent (kcal/h)	Qequip (kcal/h)	Qil (kcal/h)	Qpe (kcal/h)	Total (kcal/h)
Sala de Transpasse de Quibe e Almôndega	1118,73	0	0	3646,15	11343,59	743,04	2700	19551,51
Sala de Encaixotamento Manual	2084,39	0	0	3646,16	17380	1114,56	1800	26025,11
Corredor de Transpasse do Mini Chicken	3398,97	2960,51	0	3646,16	1620,51	650,16	235	12511,31
Sala das ILAPAC	1319,64	0	0	3646,16	14584,62	557,28	1440	21547,7
Paletização	3331,17	2726,27	0	3646,16	9723,08	1393,2	1975	22794,88

Fonte: Autor (2018).

Tabela 3 - Comparação de carga térmica dos ambientes antes e depois

CARGA TÉRMICA DO ANTES E DEPOIS		
LOCAL	ANTES (kcal/h)	DEPOIS (kcal/h)
Câmara de Matéria Prima do Hambúrguer/ Quibe e Almôndega	13641	13641
Sala de Formação do Hambúrguer/ Quibe e Almôndega	47550	47550
Antecâmara do Girofreezer	9167	9167
Embalagem Inicial do Hambúrguer	40664	43095
Embalagem Inicial do Mini Chicken	19772	0
Embalagem Final do Mini Chicken	19035	0
Câmara de Estocagem do Industrializados	37483	0
Sala de Transpasse de Quibe e Almôndega	0	19552
Sala de Encaixotamento Manual	0	26025
Corredor de Transpasse do Mini Chicken	0	12511
Sala das ILAPAC	0	21548
Paletização	26025	22795

Fonte: Autor (2018).

## 5 ANÁLISE DE RESULTADOS

A câmara de matéria-prima, a sala de formação e a antecâmara do hambúrguer, não sofreram alterações de layout, nem de capacidade de produção. Portanto, não necessitarão de equipamentos adicionais para a refrigeração dos ambientes. A embalagem inicial do hambúrguer teve acréscimo de 2430,77 kcal/h em carga térmica, resultando em 43095 kcal/h. Porém, os equipamentos de refrigeração do local, se somados, possuem capacidade de 48000 kcal/h, não havendo necessidade de adicionar novos evaporadores.

O corredor de transpasse do mini chicken é a única câmara que será adicionada e deverá rodar pelo regime -10 °C, utilizando amônia como fluido refrigerante no evaporador. A tabela 4 mostra: a capacidade total de refrigeração do regime -10 °C, a carga térmica dos ambientes, a carga que sobra do sistema (antes e depois), e o acréscimo esperado de gasto energético do sistema com o corredor. A figura 12 apresenta as capacidades dos compressores da sala de máquinas, assim, podemos somar suas capacidades e encontrar a capacidade máxima do regime -10 °C. A figura 39 apresenta a carga térmica atual do regime dos ambientes da indústria no regime -10 °C.

Tabela 4 - Análise dos dados do regime -10 °C

REGIME -10 °C		
	ANTES	DEPOIS
Capacidade total do sistema de refrigeração (kcal/h)	8.988.263	8.988.263
Carga térmica total do sistema (kcal/h)	8.480.257	8.492.769
Diferença (kcal/h)	508.006	495.494
Diferença entre antes e depois (kcal/h)		12.512
Acréscimo de energia gasto com o novo corredor (kWh)		3,73
Valor do acréscimo de gasto energético por hora		R\$ 1,31

Fonte: Autor (2018).

<b>CARGA TÉRMICA REGIME DE - 10 °C (COP = 3,9) - (SALA DE MÁQUINAS)</b>		
		SADEMA Regime - 10 °C (Kcal / h)
<b>FRIGORÍFICO DE SUÍNOS</b>		
		<b>231.312</b>
<b>FRIGORÍFICO INDUSTRIALIZADOS TÉRREO</b>		
		<b>3.431.472</b>
<b>FRIGORÍFICO DE AVES</b>		
		<b>2.627.629</b>
<b>FRIGORÍFICO INDUSTRIALIZADOS INFERIOR</b>		
		<b>2.189.844</b>
<b>CARGA TÉRMICA TOTAL</b>	<b>Kcal / h</b>	<b>8.480.257</b>

Figura 39 - Carga térmica atual dos ambientes da fábrica do regime -10 °C operados pela sala de máquinas.

As salas de transpasse de quibe e almôndega, sala de encaixotamento manual, paletização e a sala das ILAPAC, serão adicionadas ao regime -3 °C. No entanto, o fluido utilizado nos evaporadores deverá ser a mistura água-propilenoglicol, devido ao grande número de pessoas nestes ambientes. Desta forma, foi realizada a mesma comparação de capacidade de compressores em relação ao somatório das cargas térmicas do regime -10 °C, porém agora, para o regime -3 °C, mostrando o antes e o depois. A tabela 5 apresenta a capacidade de refrigeração do regime -3 °C, a carga térmica dos ambientes e o acréscimo no consumo de energia esperado com os novos ambientes. A figura 14 apresenta as capacidades dos compressores da sala de máquinas, assim podemos encontrar a capacidade total dos compressores do regime -3 °C. A figura 40 apresenta a carga térmica total atual do regime -3 °C.

Tabela 5 – Análise dos dados do regime -3 °C

<b>REGIME -3 °C</b>		
	<b>ANTES</b>	<b>DEPOIS</b>
Capacidade total do sistema de refrigeração (kcal/h)	12.335.872	12.335.872
Carga térmica total do sistema (kcal/h)	10.445.665	10.473.182
Diferença (kcal/h)	1.890.207	1.862.690
Diferença entre antes e depois (kcal/h)		27.517
Acréscimo de energia gasto com o novo corredor (kWh)		6,80
Valor do acréscimo de gasto energético por hora		R\$ 2,38

Fonte: Autor (2018).

<b>CARGA TÉRMICA REGIME DE -3°C (COP = 4,71) - (SALA DE MÁQUINAS)</b>		
	SADEMA Regime - 3 °C (Kcal / h)	SADEMA Glicol - 3 °C (Kcal / h)
<b>FRIGORÍFICO DE SUÍNOS</b>		
<b>RESUMO FRIO FRIGORÍFICO DE SUINOS</b>	<b>88.363</b>	<b>0</b>
<b>FRIGORÍFICO DE AVES - LINHAS 1, 2 E 3.</b>		
<b>RESUMO FRIO FRIGORÍFICO DE AVES</b>	<b>4.193.372</b>	<b>1.259.419</b>
<b>FRIGORÍFICO INDUSTRIALIZADOS TÉRREO</b>		
<b>RESUMO FRIO FRIGORÍFICO DE INDUSTRIALIZADOS TÉRREO</b>	<b>2.838.428</b>	<b>1.924.601</b>
<b>FRIGORÍFICO INDUSTRIALIZADOS INFERIOR.</b>		
<b>RESUMO FRIO FRIGORÍFICO DE INDUSTRIALIZADOS INFERIOR</b>	<b>169.000</b>	<b>0</b>
<b>CARGA TÉRMICA TOTAL</b>	<b>Kcal / h</b>	<b>7.278.155</b>
		<b>3.167.510</b>

Figura 40 - Carga térmica atual dos ambientes da fábrica do regime -3 °C, operados pela sala de máquinas.

Somando o aumento no consumo de energia dos regimes -3 °C e -10 °C e levantando o gasto mensal que estes representarão, na conta mensal de energia da fábrica, chegamos ao aumento na conta de energia elétrica de R\$ 2.029,50; considerando 22 horas de funcionamento por dia e 25 dias de produção por mês.

## 6 SELEÇÃO, CUSTO DE EQUIPAMENTOS E MÃO DE OBRA

Para selecionar os equipamentos, saber o custo para instalar esses equipamentos e retirar os que não serão mais utilizados, foi necessário realizar dois memoriais descritivos; descrevendo aos fornecedores, detalhadamente, o serviço ou equipamento solicitado. O primeiro memorial foi realizado com o intuito de levantar o valor dos evaporadores, com equipamentos e peças necessárias para instalação, como a mão de obra. Para a definição dos evaporadores, foram necessários colocar no memorial a carga térmica do ambiente, a altura do pé direito da sala, a área da sala, o regime de trabalho, o fluido de trabalho e a temperatura do ambiente. O memorial foi enviado para a empresa Therm Tech, a fim de levantar os custos. Assim, foram selecionados 2 evaporadores de teto da marca GÜNTNER: um, para a sala das ILAPAC e outro, para a paletização. A figura 41 apresenta dados técnicos dos evaporadores.

Tipo	teto
Fabricante	Güntner
Capacidade de resfriamento	28.036 kcal/h
Separação de aletas	8,0 mm
Vazão de ar por equipamento	13.000 m <sup>3</sup> /h
Ventilador	axial, 02 x 500 mm
Potência / Ventilador	0,70 kW
Degelo	natural

### Dados técnicos:

- Superfície de troca térmica construída com **tubos de aço inox e aletas em alumínio naval 0,4mm;**
- Bacias em chapa de aço inoxidável e isoladas com poliuretano, **basculante;**
- Gabinete em chapa de **aço inoxidável AISI 304;**
- Projetados para trabalhar através de glicol bombeado;
- Pressão de teste 25 kg/cm<sup>2</sup>;
- São construídos com tubos em aço inox Ø15 mm, espessura 0,50mm.

**Figura 41 - Dados técnicos dos evaporadores da sala das ILAPAC e paletização. Fonte: GUENTNER (2018).**

Para a sala de encaixotamento manual, foi selecionado 1 evaporador de teto da marca GÜNTNER, semelhante ao anterior, porém, com capacidade de resfriamento de 30236 kcal/h. A figura 42 apresenta o modelo do evaporador selecionado para as salas de encaixotamento manual, sala das ILAPAC e paletização.





Figura 42 - Evaporador de teto da marca GÜNTNER. Fonte: GUENTNER (2018).

Para o corredor de transpasse do mini chicken, foi selecionado 1 evaporador de teto bidirecional da marca GÜNTNER. A figura 43 apresenta os dados técnicos do evaporador, e a figura 44 apresenta o modelo de evaporador selecionado.

Tipo	teto-bidirecional
Fabricante	Güntner
Capacidade de resfriamento	17.270 kcal/h
Separação de aletas	8,0 mm
Vazão de ar por equipamento	10.730 m <sup>3</sup> /h
Ventilador	axial, 02 x 500 mm
Potência / Ventilador	0,54 kW
Degelo	Gás Quente

Dados técnicos:

- Superfície de troca térmica construída com **tubos de aço inox e aletas em alumínio naval 0,4mm;**
- Bacias em chapa de aço inoxidável e isoladas com poliuretano, **basculante;**
- Gabinete em chapa de **aço inoxidável AISI 304;**
- Projetados para trabalhar através de amônia bombeada;
- Pressão de teste 25 kg/cm<sup>2</sup>;
- São construídos com tubos em aço inox Ø15 mm, espessura 0,50mm.

Figura 43 - Dados técnicos do evaporador do corredor de transpasse do mini chicken. Fonte: GUENTNER (2018).



**Figura 44 - Evaporador de teto bidirecional da marca GÜNTNER. Fonte: GUENTNER (2018).**

A sala de transpasse de quibe e almôndega não receberá novo evaporador, pois ela já possui um, com capacidade de resfriamento de 24000 kcal/h. A carga térmica deste ambiente será de 19551,51 kcal/h. Desta forma, o evaporador, já existente nesta sala, será apenas realocado para nova posição, com a finalidade de melhorar a distribuição do ar no ambiente. O custo total dos serviços e os equipamentos, previstos no memorial 1, encontram-se na tabela 6.

O segundo memorial descritivo foi realizado, com o intuito de retirar um evaporador da câmara de estocagem do industrializados; desconectar e capear as tubulações deste evaporador, para o fechamento dos furos no teto desta câmara; realocando o evaporador da sala de transpasse de quibe e almôndega, assim como, as adequações nas tubulações de alimentação deste evaporador. Todo material e ferramentas necessários para a realização destes serviços ficam sob responsabilidade da contratada. O orçamento deste memorial foi realizado pela empresa TermoRio e o custo total dos serviços, previstos no memorial 2, encontram-se na tabela 6.

Os valores totais para adequação da parte de refrigeração e para a implantação da linha de quibe e almôndega, na BRF de Rio Verde, encontram-se na tabela 6.

Tabela 6 - Custos para implantação da linha de quibe e almôndega.

ÍTENS	VALOR
Orçamento do memorial descritivo 1	R\$ 579.792,00
Orçamento do memorial descritivo 2	R\$ 96.200,00
Total para adequação da parte de refrigeração	R\$ 675.992,00
Total para implantação da linha de quibe e almôndega	R\$ 3.061.432,90

Fonte: Autor (2018).

A tabela 7 apresenta: os custos de produção e o preço de venda de quibe e almôndega, seus valores mensais de custo de produção e de ganho com a venda dos produtos e o lucro esperado pela BRF, com a produção dos novos produtos.

Tabela 7 - Custos de produção, preço de venda, custos e ganhos mensais, e lucro para a produção de quibe e almôndega.

ITENS	VALOR
Custo de produção do quibe e da almôndega (embalagem de 500 gramas)	R\$ 10,36
Preço de venda de quibe e almôndega pela BRF (embalagem de 500 gramas)	R\$ 11,13
Custo mensal para produção de quibe e almôndega	R\$ 8.288.000,00
Ganho mensal com a venda de quibe e almôndega	R\$ 8.904.000,00
Lucro mensal com a venda de produtos	R\$ 616.000,00

Fonte: Autor (2018).

Através das tabelas 6 e 7, podemos observar que para amortizar o valor gasto com a implantação da linha de quibe e almôndega, serão necessários aproximadamente 5 meses de produção; isso se o lucro mensal for realmente o que é esperado pela BRF.

## 7 CONCLUSÃO

O presente trabalho foi realizado, com o intuito de analisar se o sistema de refrigeração atual da empresa, tinha capacidade para absorver o aumento de carga térmica dos ambientes, na implantação da linha de quibe e almôndega. Então, conclui-se que o sistema possui capacidade suficiente para que seja implantada essa linha, sem necessitar comprar novos equipamentos para elevar a capacidade do sistema. Em outras palavras: não será necessário aquisição de compressores e/ou módulos condensadores, para aumentar a capacidade do sistema de refrigeração; sendo apenas necessária, a aquisição de evaporadores para realizar o resfriamento do ar, dos novos ambientes que surgirão, com a implantação da linha de quibe e almôndega.

Em função da carga térmica da paletização não seria necessária a aquisição de novo evaporador, portanto foi preferido orçar novo equipamento para este local devido ao elevado grau de corrosão do que está atualmente em uso, podendo levar a um acidente de trabalho em função da queda do mesmo.

O valor total para implantar a linha de quibe e almôndega, na BRF de Rio Verde, será de R\$ 3.061.432,90 e o lucro mensal, esperado com a venda dos novos produtos, é de R\$ 616.000,00. Portanto, espera-se que o investimento seja pago em aproximadamente 5 meses.

## REFERÊNCIAS

COSTA, Ê. C. **REFRIGERAÇÃO**. 3. ed. São Paulo: Edgard Blücher LTDA, 1982.

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ. **REFRIGERAÇÃO INDUSTRIAL POR AMÔNIA: Riscos, Segurança e Auditoria Fiscal**. Disponível em:

<<http://www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/manuais/quimico/Refrigeracao%20Industrial%20por%20Amonia.pdf>>. Acesso em: 18 mar. 2018.

GUENTNER. **EVAPORADOR/RESFRIADOR DE AR**. Disponível em:

<[http://www.guentner.com.br/produtos/evaporadorresfriador-de-ar/\\_/show/product/MGF/391/](http://www.guentner.com.br/produtos/evaporadorresfriador-de-ar/_/show/product/MGF/391/)>. Acesso em: 29 mar. 2018.

GUENTNER. **EVAPORADOR/RESFRIADOR DE AR**. Disponível em: <

[http://www.guentner.com.br/produtos/evaporadorresfriador-de-ar/\\_/show/product/C\\_D/240/](http://www.guentner.com.br/produtos/evaporadorresfriador-de-ar/_/show/product/C_D/240/)>. Acesso em: 29 mar. 2018.

GUIA TRABALHISTA. **NORMA REGULAMENTADORA 13**. Disponível em: <

<http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr13.htm>>. Acesso em: 12 mar. 2018.

GUIA TRABALHISTA. **NORMA REGULAMENTADORA 15**. Disponível em: <

<http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr15.htm>>. Acesso em: 12 mar. 2018.

MENGUER, M. V. **REDIMENSIONAMENTO DA CLIMATIZAÇÃO DO SETOR DE EMBALAGEM PRIMÁRIA E SECUNDÁRIA DE UM FRIGORÍFICO DE AVES**. Pato Branco: UTFPR, 2013.

NORMA BRASILEIRA ABNT NBR 16069. **SEGURANÇA EM SISTEMAS FRIGORÍFICOS**. 1. ed. Rio de Janeiro, 2010. 51p.

NORMA BRASILEIRA ABNT NBR 16401-1. **INSTALAÇÕES DE AR CONDICIONADO – SISTEMAS CENTRAIS E UNITÁRIOS. PARTE 1: PROJETOS DAS INSTALAÇÕES**. 1. ed. Rio de Janeiro, 2008. 60p.

PROGRAMA BRASILEIRO DE ELIMINAÇÃO DOS HCFCs. **RECOMENDAÇÕES DE PROJETO PARA OPERAÇÃO SEGURA DE SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO POR**

**AMÔNIA.** Disponível em:

<[http://www.protocolodemontreal.org.br/site/images/publicacoes/setor\\_manufatura Equipamentos\\_refrigeracao\\_arcondicionado/Recomendacoes\\_de\\_Projeto\\_para\\_Operacao\\_Segura\\_de\\_Sistemas\\_de\\_Refrigeracao.pdf](http://www.protocolodemontreal.org.br/site/images/publicacoes/setor_manufatura Equipamentos_refrigeracao_arcondicionado/Recomendacoes_de_Projeto_para_Operacao_Segura_de_Sistemas_de_Refrigeracao.pdf)>. Acesso em: 27 fev. 2018.

**RESFRIANDO. APLICAÇÃO DE FLUIDOS ALTERNATIVOS EM SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO COMERCIAL – PARTE 2.** Disponível em:<

<http://www.resfriando.com.br/aplicacao-de-fluidos-alternativos-em-sistemas-de-refrigeracao-comercia-parte-2/>>. Acesso em: 22 fev. 2018.

STOECKER, W. F.; JABARDO, J. M. S. **REFRIGERAÇÃO INDUSTRIAL.** 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher LTDA, 2002.

**TECTERMICA. PAINEL FRIGORÍFICO – CATÁLOGO TÉCNICO.** Disponível em:

<[http://www.tectermica.com.br/assets/painel-frigorifico\\_catalogo-tecnico5.pdf](http://www.tectermica.com.br/assets/painel-frigorifico_catalogo-tecnico5.pdf)>. Acesso em: 17 mar. 2018.

**VENTURINI, O. J. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMAS DE**

**REFRIGERAÇÃO INDUSTRIAL E COMERCIAL.** Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2005.

## ANEXOS

## ANEXO A – DADOS DAS BOMBAS DE AMÔNIA FRIGOSTRELLA

Refrigeração							
Tipo	Vazão (L/h)	Motor (c.v.)	R.P.M.	H (mca)	Rotor	Conexão	
						Entrada	Saída
ZM-1	5.000	4,0	3.500	30-40	Fechado	3"	1 ½"
ZM-2	10.000	5,0	3.500	30-40	Fechado	3"	1 ½"
ZM-3	15.000	6,0	3.500	30-40	Fechado	3"	2"
ZM-4	20.000	7,5	3.500	30-40	Fechado	3"	2"
ZM-5	30.000	10	3.500	30-40	Fechado	3"	2"
ZM-6	40.000	12,5	3.500	30-40	Fechado	3"	2"
ZM-9	50.000	12,5	3.500	30-40	Fechado	3"	2"
ZM-11	55-65.000	15	3.500	30-40	Fechado	3"	2"
HM-3,5	4.000	2,0	1.750	10-15	Fechado	3"	1 ½"
HM-7,5	10.000	3,0	1.750	10-15	Fechado	3"	1 ½"
HM-9	15.000	5,0	1.750	10-15	Fechado	3"	1 ½"
HM-11	20.000	5,0	1.750	10-15	Fechado	3"	1 ½"

## ANEXO B – LAYOUT GERAL DO INDUSTRIALIZADOS TÉRREO

