

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS LARANJEIRAS DO SUL
CURSO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

ANTONIO KRASNIEVIZ RODRIGUES

**DIAGNÓSTICO DE UMA UNIDADE PROCESSADORA DE PROTEÍNA ANIMAL:
ADEQUAÇÕES E MELHORIAS**

LARANJEIRAS DO SUL

2022

ANTONIO KRASNIEVIZ RODRIGUES

**DIAGNÓSTICO DE UMA UNIDADE PROCESSADORA DE PROTEÍNA ANIMAL:
ADEQUAÇÕES E MELHORIAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do Bacharelado em Engenharia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr^a. Leda Battestin Quast

LARANJEIRAS DO SUL

2022

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Rodrigues, Antonio Krasnieviz

DIAGNÓSTICO DE UMA UNIDADE PROCESSADORA DE PROTEÍNA ANIMAL: ADEQUAÇÕES E MELHORIAS / Antonio Krasnieviz Rodrigues. -- 2022.

45 f.:il.

Orientadora: Doutora Leda Battestin Quast

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de Bacharelado em Engenharia de Alimentos, Laranjeiras do Sul, PR, 2022.

1. Curva de congelamento de produtos de origem animal. 2. Quantificação de matérias-primas com sujidades na linha de produção. 3. Quantificação de perdas energéticas. 4. Otimização de processos. 5. Otimizações de processos. I. Quast, Leda Battestin, orient. II. Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

ANTONIO KRASNIEVIZ RODRIGUES

**DIAGNÓSTICO DE UMA UNIDADE PROCESSADORA DE PROTEÍNA ANIMAL:
ADEQUAÇÕES E MELHORIAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do título de bacharelado em Engenharia de Alimentos.

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 11/04/2021.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **LEDA BATTESTIN QUAST**
Data: 20/03/2024 21:41:23-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.^a Dr.^a. Leda Battestin Quast – UFFS
Orientadora

Documento assinado digitalmente
 **EDUARDA MOLARDI BAINY**
Data: 23/03/2024 05:02:06-0300
verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.^a Dr.^a. Eduarda Molardi Bainy – UFFS
Avaliador

Documento assinado digitalmente
 **YASMINE MIGUEL SERAFINI MICHELETTO**
Data: 21/03/2024 21:57:30-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr.^a. Yasmine Miguel Serafini Micheletto – UFFS
Avaliadora

Dedico este trabalho ao meu pai Sr. Dacir Rodrigues, que não poupou esforços para que eu realizasse meus estudos, mas que infelizmente não pode ver a conclusão deste sonho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu pai Sr. Dacir Rodrigues, por todo o zelo e dedicação que sempre que teve comigo. Infelizmente, ele não está, mas entre nós em vida, mas quero deixar aqui registrado o meu agradecimento por todos os ensinamentos que ele me proporcionou. Que almejo um dia poder ser um homem de respeito e caráter igual ele foi em toda sua vida. E que sem ele não poderia ter alcançado a realização deste sonho.

Agradeço a minha “Nona” Sr^a. Delmina de Olivina Nicolau, por ter me criado juntamente com meu pai e que todo sucesso que eu alcançar será fruto dos esforços e ensinamentos de vocês.

Agradeço às minhas orientadoras, Prof^ª. Dr^a. Leda Batisttin Quast e Prof^ª. Dr^a. Eduarda Molardi Bainy, pelo auxílio na realização deste trabalho e auxílio na realização de meu estágio.

Agradeço a todos os professores, técnicos e demais colaboradores da Universidade Federal da Fronteira Sul, que dedicam seus esforços para auxiliar no crescimento acadêmico e profissional dos estudantes.

Um agradecimento em especial para a Prof^ª. Dr^a. Andresa Freitas que foi por muitos mestres minha orientadora do projeto de Monitorias.

Demore o tempo que for para decidir o que você quer da vida, e depois que decidir não recue ante nenhum pretexto, porque o mundo tentará te dissuadir. Nietzsche (2020)

RESUMO

O presente trabalho consiste no mapeamento de uma indústria de processamento de proteína animal, na determinação de pontos que necessitam de correções e ajustes, determinar o tempo de congelamento dos produtos, quantificar perdas de insumos e energia através das sujidades das matérias-primas e processos, na indústria citada são produzidos produtos cozidos, in natura e produtos cárneos, através de proteína bovina, suína e de frango.

Tem como objetivo diminuir as perdas da indústria e identificar pontos de melhoria e otimização da produção.

Para desenvolvimento do trabalho e obtenção dos resultados foram utilizadas diversas ferramentas, como 5W2H, matriz GUT e planilhas eletrônicas. A determinação da capacidade calorífica dos principais produtos foi determinada através de duas metodologias, considerando a variação da temperatura no processo e não considerando a variação da temperatura.

No resultado do trabalho estão apresentadas as curvas de congelamento para os principais produtos, os valores de perdas com insumos e energia quando se processa matéria-prima com alto teor de sujidade e ferramentas de gestão desenvolvidas para gerenciar o processo de congelamento.

Este trabalho é uma amostra das diversas atividades que um engenheiro de Alimentos pode desenvolver em uma indústria, através deste trabalho é possível verificar a importância de se quantificar perdas na indústria e verificar a influência de pequenas ações no resultado do processo.

Palavras-chave: processo industrial; otimização; quantificação de perdas e tempo de processo; Engenharia de Alimentos.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Pilha de caixas.....	14
Figura 2 - Layout das câmaras de congelamento.....	14
Figura 3 - Padrão correto dos cortes.....	16
Figura 4 - Padrão aceitável dos cortes.....	16
Figura 5 - Cortes fora dos padrões.....	17
Figura 6 - Fluxograma da linha de produção 1.....	21
Figura 7 - Fluxograma visual.....	21
Figura 8 - Fluxograma de produção da linha 2.....	22
Figura 9 - Fluxograma visual da linha 2.....	23
Figura 10 - Ficha de controle de produtos em congelamento.....	29
Figura 11 - Curva de congelamento para o produto cárneo in natura 1 Kg.....	32
Figura 12 - Curva de congelamento para o produto cárneo bovino in natura 2,5 Kg.....	33
Figura 13 - Tempo de congelamento em diferentes equipamentos.....	33
Figura 14 - Curva de congelamento da carne bovina desfiada 1 Kg.....	34
Figura 15 - Comparativo das curvas de congelamento entre equipamentos para o produto carne cozida bovina desfiada 1 Kg.....	35
Figura 16 - Influência da temperatura externa no tempo de congelamento.....	35
Figura 17 - Curva de congelamento para a carne de frango cozida e desfiada.....	36
Figura 18 - Aspectos visuais dos produtos antes e após a inspeção, bem como o material retirado nesse processo.....	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Cálculo da capacidade calorífica para cada componente do alimento.....	18
Tabela 2 - Capacidade de caixas e fileiras por câmara de congelamento.....	25
Tabela 3 - Entrada dos dados no sistema.....	27
Tabela 4 - Resposta do sistema com o valor de ocupação total.....	28
Tabela 5 - Resposta detalhada do sistema.....	28
Tabela 6 - Recorte da tabela de banco de dados dos produtos.....	29
Tabela 7 - Recorte do banco de dados analisados através da matriz GUT.....	30
Tabela 8 - Recorte da ferramenta 5W2H.....	30
Tabela 9 - Comparação entre os diferentes modelos para cálculo da capacidade calorífica de alimentos.....	31
Tabela 10 - Carga máxima removida de calor em 24 horas segundo o fabricante.....	31
Tabela 11 - Carga térmica de cada produto.....	32
Tabela 12 - Porcentagem média de sujidades das matérias primas antes do cozimento.....	37
Tabela 13 - Porcentagem de sujidades calculada das matérias primas após cozimento.....	38
Tabela 14 - Relação de insumos e custos para a salmoura do produto A1.....	38
Tabela 15 - Relação de insumos e custos para a salmoura do produto A2.....	39
Tabela 16 - Relação de insumos e custos para a salmoura do produto A3.....	39
Tabela 17 - Custo de produção com a utilização das matérias-primas com sujidades para a produção do produto A1.....	39
Tabela 18 - Custo de produção com a utilização das matérias-primas com sujidades para a produção do produto A2.....	40
Tabela 19 - Custo de produção com a utilização das matérias-primas com sujidade para a produção do produto A3.....	40
Tabela 20 - Custo com gás GLP para cozimento das sujidades.....	40
Tabela 21 - Custo estimado efetivo mensal e por batelada com o processamento de sujidades.....	40
Tabela 22 - Dados termodinâmicos de pontos da indústria.....	41
Tabela 23 - Perdas energéticas e tempo de funcionamento do sistema para retirar este calor indevido.....	42

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVO GERAL	13
3.1 MAPEAMENTO DAS LINHAS DE PRODUÇÃO DO SETOR DE CONGELAMENTO E EMBALAGEM	13
3.2 ESTUDO DO TEMPO DE CONGELAMENTO	13
3.3.1 Cálculo da capacidade calorífica dos produtos.	17
3.4 PERDA DE CALOR DEVIDO A PONTOS QUENTES NA FÁBRICA	19
4 RESULTADOS OBTIDOS E CONSIDERAÇÕES SOBRE OS PROCESSOS	20
4.1 MAPEAMENTO DAS LINHAS	20
4.1.2 Setor de congelamento e embalagem	25
4.2.4 Resultados sobre os pontos analisados com problemas	30
4.2 RESULTADOS DO ESTUDO DE CONGELAMENTO	31
4.2.1 Curvas de congelamento dos produtos	33
4.3 RESULTADOS DO ESTUDO SOBRE AS SUJIDADES	37
4.3.1 Cálculo da massa e valores de insumos utilizados nas matérias não aceitáveis (sujidades)	39
4.4 PERDA DE ENERGIA DEVIDO A FALHAS DO PROCESSO	41
5 CONCLUSÃO	43
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o complexo brasileiro de carnes coloca o Brasil como o 2^a maior produtor de carnes bovina e de frango do planeta e o 4^a maior produtor de carne suína do mundo. Essas três cadeias de proteína animal respondem por 25% de todo o valor bruto da produção agropecuária nacional (FGV PROJETOS, 2018).

Baseado nestes dados, pode-se considerar que a matéria-prima para as indústrias processadoras de proteína animal é presente em abundância no Brasil, o que vem destacando o crescimento do setor da indústria brasileira de alimentos.

Segundo a Associação Brasileira da Indústria de Alimentos, a indústria brasileira de alimentos e bebidas em 2020 obteve um crescimento de 12,8% comparado com o ano de 2019, o que representa 10,9% do PIB nacional (produto interno bruto). “Diante de tantos desafios enfrentados em 2020 a indústria conseguiu manter o abastecimento funcionando normalmente e não deixou faltar comida na mesa do brasileiro. Além disso, criamos empregos e exportamos mais produtos industrializados, ou seja, de valor agregado. Assim que a economia mundial voltar ao normal, o Brasil tem tudo para ser, dentro de alguns anos, não mais o celeiro, mas sim o supermercado do mundo” declarou João Dornellas, presidente executivo da ABIA.

O processo de congelamento na indústria de produtos derivados de carne permite a conservação deles, proporcionando o aumento do tempo de vida útil, diminuindo as ações de microrganismos deteriorantes e possibilitando o envio do mesmo a locais onde não se tem acesso a matéria prima. Este processo vem facilitando o acesso a alimentos pré-prontos e alavancando o setor de *food service*, o que vem trazendo praticidade aos consumidores finais e principalmente a redes que fornecem produtos que tem como base as matérias-primas cárneas.

Na indústria de alimentos trabalha-se com matérias-primas e insumos de alto valor agregado e com equipamentos que possuem alta capacidade e grande consumo de energia. Dessa forma, a otimização da produção para utilizar as quantidades corretas de matérias primas e insumos é importante, a fim de minimizar perdas no processo.

O valor de um produto envolve vários conceitos, desde questões financeiras até emotivas. No entanto, do ponto de vista técnico, pode-se dizer que o valor do produto representa o custo da matéria-prima mais o custo operacional para a transformação física e química do mesmo adicionado da sua margem de lucro.

Segundo Zatta et al (2003) o valor de um produto também é afetado pela produção de produtos com defeitos, a movimentação desnecessária, capacidade ociosa.

2 OBJETIVO GERAL

Esse trabalho tem como objetivos principais:

- Mapear todas as linhas de processamento da indústria
- Identificar pontos de melhoria para aumentar a eficiência
- Reduzir custos
- Avaliar a capacidade de congelamento e determinar o tempo mínimo de congelamento para os principais produtos.
- Realizar uma avaliação de perdas de energia em pontos na indústria.

3 METODOLOGIAS DE TRABALHO

No decorrer deste item serão descritas as metodologias aplicadas no desenvolvimento deste trabalho.

3.1 MAPEAMENTO DAS LINHAS DE PRODUÇÃO DO SETOR DE CONGELAMENTO E EMBALAGEM

Diariamente é feito o acompanhamento da produção, por um período de 1 a 2 horas. Neste tempo de observação foram realizadas anotações de problemas e dificuldades. Assim os pontos observados foram dispostos em uma planilha, ao todo foram observados 54 pontos com problemas ou interferências.

Para definir a importância de cada ponto foi aplicado o conceito de matriz GUT, (gravidade, urgência e tendência), os pontos com maior nota foram avaliados através da ferramenta 5W2H e através dela determinado o plano de ação.

3.2 ESTUDO DO TEMPO DE CONGELAMENTO

Para realização dos testes de congelamento foram escolhidos os produtos com maior produção dentro da indústria, sendo eles carne bovina moída de diferentes massas, proteína bovina cozida e desfiada e proteína de frango cozida e desfiada.

Diariamente, de acordo com as ordens de produção, foi selecionado um dos produtos e um dos lotes que foram separados para monitoramento de temperatura na caixa que compõem a (posição central da pilha). A pilha de caixas é composta por 27 caixas e a mesma é levada

para a posição central da câmara de congelamento por um período de 24 horas. Após esse tempo, a pilha de caixas era retirada, removido o sensor e feita a compilação dos dados.

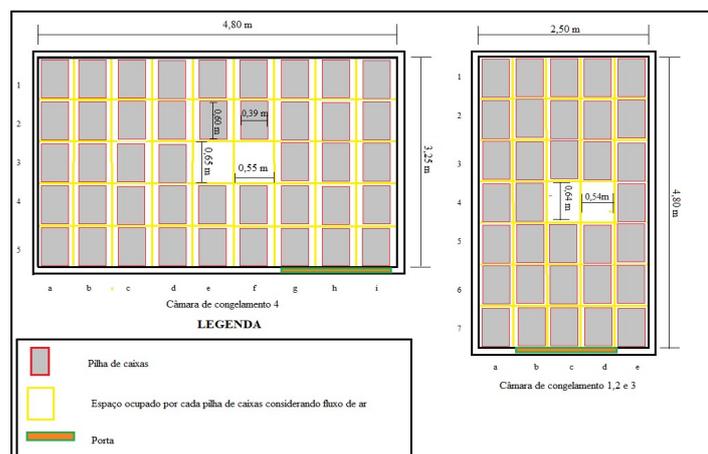
Figura 1 - Pilha de caixas



Para que fossem obtidos dados com maior precisão, a lotação da câmara de congelamento foi a máxima, os produtos lá acondicionados eram de dois tipos, cozido e in natura ou produtos cárneos sem cozimento. Foi considerada sempre a carga térmica máxima que poderia ser retirada no período de 24 horas, para que não fosse adicionado produtos que superassem essa capacidade do equipamento.

O equipamento utilizado para monitorar a temperatura foi da marca Testo 175-T3 - Data logger Temperatura, com capacidade de medição na faixa de -50°C a 1000°C com exatidão de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ (-50 a 70) $^{\circ}\text{C}$ e fora da faixa de $\pm 1^{\circ}\text{C}$. O mesmo realiza medições periódicas e as armazena. A figura 1 apresenta o layout da disposição das pilhas de caixas no interior das câmaras de congelamento.

Figura 2 - Layout das câmaras de congelamento



Os pontos quentes das câmaras de congelamento 1,2 e 3 são as pilhas de caixas na posição 4c e para a câmara de congelamento 4 é a pilha de caixa na posição 3e.

3.3 ESTUDO SOBRE AS SUJIDADES

Considerando a importância da qualidade da matéria prima para o processamento, verificou-se a necessidade do levantamento sobre as sujidades. Nesse estudo considera-se como sujidade os tendões, nervos, gorduras e outras partes que devem ser retiradas das peças a fim de deixá-las dentro das características de qualidade desejadas antes do seu processamento.

Durante alguns dias, antes da adição do tempero aos cortes, foi realizada a coleta de amostras das carnes em pedaços. Para isso, foi selecionada uma caixa aleatoriamente de aproximadamente 20 kg. A matéria prima dela foi levada ao laboratório de controle de qualidade, onde no mesmo dia foi realizada a inspeção e limpeza dos pedaços de carne. Todo material (cartilagem, tecido conjuntivo, tendões e gordura) excedentes foram retirados e a massa foi aferida para realização dos cálculos de porcentagem.

Este mesmo procedimento foi realizado após o cozimento e após o processo de desfiamento. Para esta etapa foram realizadas inspeções em amostras menores, de aproximadamente 700 g, devido a impossibilidade de se retirar matéria-prima cozida da linha de produção, o que resultaria em descarte do material devido a possíveis contaminações.

Para padronização da inspeção, foi realizado um procedimento de avaliação dos padrões das amostras como mostrado a seguir.

Padrão correto:

O pedaço de carne deve ter dimensões entre 4,5 cm a 6 cm de comprimento de fibra e largura de 3 cm a 4,5 cm. Não deve apresentar gordura, cartilagem, tendões ou aponeurose (membrana que recobre o fecho muscular) como mostra a (figura 3).

Figura 3 - Padrão correto dos cortes

Cortes corretos



Comprimento da fibra correto



Padrão aceitável:

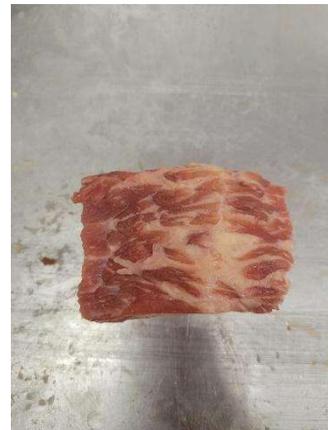
O padrão aceitável é um produto nas dimensões especificadas como padrão, porém com uma fina camada de tecido conjuntivo e gordura sem envolver toda a superfície da peça (figura 4).

Figura 4 - Padrão aceitável dos cortes

Peça com tecido conjuntivo aceitável



Peça com gordura aceitável



Padrão não aceitável.

São as peças que não apresentam tamanho e características dentro dos padrões citados acima, como pode-se observar visualmente através da figura 5.

Figura 5 - Cortes fora dos padrões



Após o processo de inspeção e limpeza foi realizada a razão proporcional da massa não utilizável e a massa de matéria coletada (amostra), multiplicada por 100% para obter o percentual como mostra a equação (eq. 1) que ela representa de massa não utilizável que vai para a produção.

Assim, obteve-se o percentual de material que não deveria ser processado, mas que atualmente ainda segue para a produção.

$$S = \frac{MC}{M} * 100\% \quad \text{Eq. 1}$$

Sendo:

S: % de sujidade que vai para a produção, mas deveria ser retirada.

MC: Massa de sujidade coletada.

M: Massa total da caixa coletada

Nos dados obtidos foram realizados o cálculo da média e desvio padrão.

3.3.1 Cálculo da capacidade calorífica dos produtos.

A capacidade calorífica de um produto é a quantidade de energia que deve ser fornecida ou retirada para que o produto altere 1°C. Como os produtos que foram trabalhados possuem características diferentes dos *in natura* é necessário fazer a estimativa desta capacidade calorífica e do calor de fusão, que é a energia necessária para alterar o estado físico da fase líquida do produto, que passa da forma líquida para a forma sólida.

A fim de estimar com maior precisão o cálculo da capacidade calorífica dos produtos testados, foram utilizados dois modelos para cálculo, sendo eles o modelo de Singh e Heldman (1993) citada por Elerante et al (2017).

$$Cp = 1,424 * Xc + 1,549 * Xp + 1,675 * Xg + 0,837 * Xa + 4,187 * Xw \quad \text{Eq. 2}$$

Em que: Xc, Xp, Xg, Xa e Xw são as frações mássicas de carboidratos, proteínas, gorduras, cinzas e água respectivamente, neste modelo o calor específico é fornecido em KJ/Kg°C.

E o modelo de equações de (Choi e Okos, 1986 apud Irudayaraj, 2001), citadas por Egea et al, (2015).

Tabela 1 - Cálculo da capacidade calorífica para cada componente do alimento

Componentes	Relação com a Temperatura – Cpi (J/Kg °C) e T (°C)
Proteínas	$Cpi = 1,9842 + 1,4733x10^3 T - 4,8008x10^6 T^2$
Carboidratos	$Cpi = 1,54884 + 1,9625x10^{(-3)} T - 5,9399x10^{(-6)} T^2$
Lipídeos	$Cpi = 1,9842 + 1,4733x10^3 T - 4,8008x10^{(-6)} T^2$
Cinzas	$Cpi = 1,0926 + 1,8896x10^{(-3)} T - 3,6817x10^{(-6)} T^2$
Umidade (<0°C)	$Cpi = 4,0817 - 5,3062x10^{(-3)} T + 9,9516x10^{(-4)} T^2$
Umidade(>0°C)	$Cpi = 4,1762 - 9,0864x10^{(-5)} T + 5,4731x10^{(-6)} T^2$

Para o cálculo do calor latente (Lf) foi utilizado a relação umidade (U) do produto e calor de fusão da água, 333,2 KJ/Kg (L), como mostra a equação a seguir.

$$Lf = U * L \quad \text{Eq. 3}$$

Através destes modelos foram estimadas a capacidade calorífica de cada produto. Para determinar o custo energético, foi utilizada a equação 4 e foram feitas as seguintes considerações:

- As sujidades como sendo uma carne bovina com alto teor de gordura que tem capacidade calorífica de 0,61 Kcal/Kg°C
- O gás GLP possui poder calorífico de 11.750 Kcal/Kg
- A variação de temperatura considerada no processo foi de 7°C a 135°C

- A eficiência média da caldeira aquatubular foi estipulada em 84,69% baseado no estudo de (RODRIGUES, 2016).
- O custo por Kg de gás GLP foi de R\$ 6,23/Kg, valor da última compra.

$$Q_p = C_p * (\Delta t) * m + m * \Delta f$$

Eq. 4

Q_p : calor necessário

C_p : Capacidade calorífica da carne

m : Massa da carne

Δf : Calor de fusão

3.4 PERDA DE CALOR DEVIDO A PONTOS QUENTES NA FÁBRICA

Foi observado que existem diferenças de temperatura significativas, em pontos da fábrica. Esta alteração era devido a sala de autoclave e a sala de lavagem de caixas estarem liberando calor no ambiente. Por tanto surgiu a necessidade de verificar se estes problemas têm influência significativa na indústria.

Foi realizado as medições de temperatura de bulbo seco e bulbo úmido através de dois termômetros da marca AKSO modelo AK16S que tem precisão de $\pm 0,5^\circ\text{C}$. As medições foram efetuadas e determinadas as propriedades termodinâmicas do ar nestes pontos descritos acima, onde os quais tem ligação direta com as câmaras de congelamento.

Para realização dos cálculos foram considerados os tempos médios de abertura de portas das câmaras de congelamento e estocagem, bem como o processo de lavagem de caixas. Eles ocorrem diariamente em torno de 2 a 4 horas diárias e uma vazão mássica de ar de $43 \text{ m}^3/\text{h}$, e densidade de $1,2 \text{ Kg}/\text{m}^3$ de ar, para esse estudo foi utilizada a equação 5.

$$Q_i = t * \Delta H * m \quad \text{Eq. 5}$$

Q_i : Calor infiltrado devido a pontos quentes.

t: Tempo médio de fluxo de ar quente

ΔH : Variação da entalpia do ar.

m: Vazão mássica de ar.

4 RESULTADOS OBTIDOS E CONSIDERAÇÕES SOBRE OS PROCESSOS

Nesta seção serão apresentadas as ações e considerações dos resultados obtidos em relação à avaliação e otimização dos processos da indústria.

4.1 MAPEAMENTO DAS LINHAS

Para identificar pontos da indústria com problemas ou falhas foi realizado o mapeamento das áreas da fábrica com maior fluxo de produtos e operações.

Segue o descritivo das linhas de produção, do setor de congelamento e embalagem:

4.1.1 Linhas de produção

Abaixo estão apresentados o mapeamento obtido das linhas de produção da fábrica.

Linha 1:

Nesta linha são obtidos produtos que passam por um processo de cozimento e esterilização em autoclave. Os produtos fabricados desta linha são produtos desfiados proveniente da carne bovina, suína e frango, todos separadamente. Alguns produtos desta linha são drenados, outros recebem temperos, molhos e condimentos, sendo definidos como produtos pré-prontos e congelados. A linha 1 é disposta em 3 salas onde várias etapas de processamento são desenvolvidas e o fluxograma de processamento está nas (figuras 6 e 7).

Figura 6 - Fluxograma da linha de produção 1

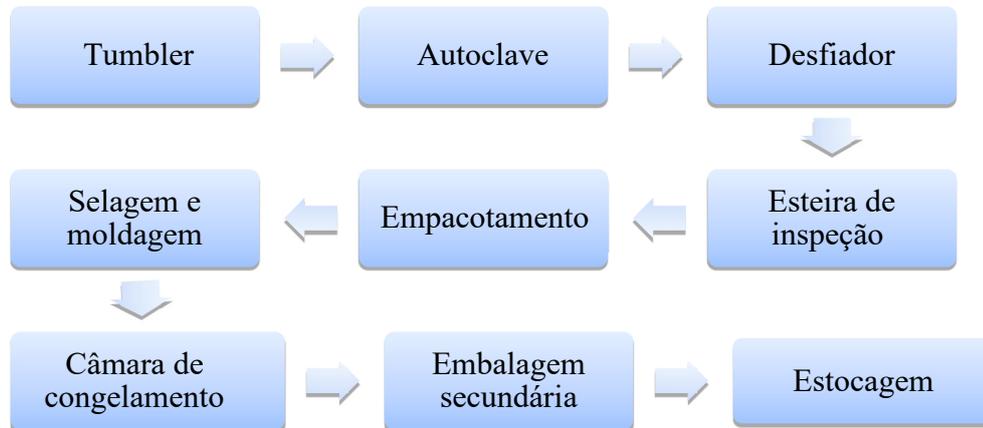


Figura 7 - Fluxograma visual



O início do processo se dá com o pré-preparo. No período da noite os colaboradores recebem a carne que foi descongelada no período da manhã, fazem a retirada dos ossos, tendões, gorduras, peles indesejadas e outras matérias que não atendem o padrão para o processamento.

Após esta etapa a carne padronizada é temperada utilizando condimentos e salmoura, o processo ocorre sob vácuo no tumbler por um período programado de (20 a 40 minutos) sendo após armazenados na câmara pulmão da linha, até o início do processo de cozimento em autoclave.

Na autoclave acontece o cozimento e esterilização da matéria prima (carne bovina, peito de frango, filé de frango), sendo que cada uma delas possui uma rampa específica de aquecimento. O tempo máximo de processamento é cerca de 1h e 40 minutos para a carne bovina. Após o cozimento, a matéria prima é colocada em carrinhos com capacidade de 300 kg e posteriormente encaminhada para o desfiamento que ocorre entre 35 a 45°C.

O produto cozido é desfiado e segue para a inspeção para a retirada de cartilagens, gorduras e quaisquer outras partes que não são adequadas. Após a inspeção é realizado o empacotamento e adição de um mix de tempero, com a finalidade de temperar e adicionar características sensoriais desejadas ao produto. Após esta etapa, ocorre a conferência da massa do produto e o mesmo é direcionado para a sala de selagem e acondicionamento em caixas para o congelamento.

O procedimento de selagem dos pacotes é feito através de uma seladora a vácuo. Os pacotes fechados são encaminhados para um equipamento (amassador) para dar o formato correto (camada bem distribuída do produto sem amassados na superfície). Esta etapa é fundamental para que o congelamento ocorra de maneira uniforme, deixando o produto com dimensões bem definidas, facilitando a colocação em embalagem secundária, evitando descartes dos produtos, pois produtos que apresentam irregularidade na superfície e dimensões fora do padrão são descartados. Após este processo, os produtos são direcionados para a antecâmara de congelamento e posteriormente acondicionadas nas câmaras de congelamento.

Linha 2:

Nesta linha são processados os produtos crus, todos derivados de carne moída, como carne moída in natura e hambúrgueres. As figuras 8 e 9 apresentam o fluxograma de produção.

Figura 8 - Fluxograma de produção da linha 2

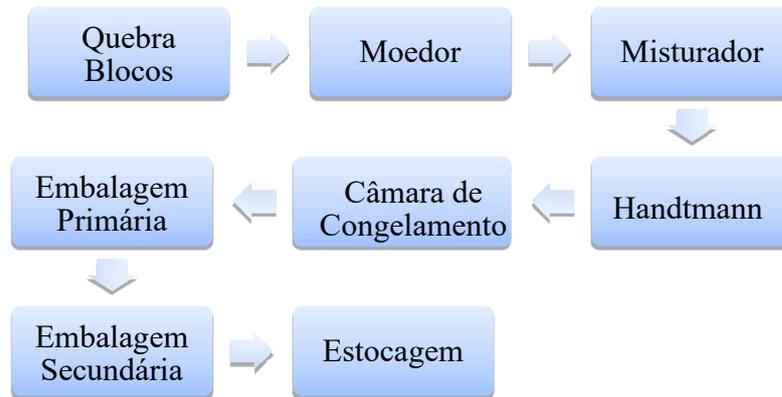


Figura 9 - Fluxograma visual da linha 2



A linha 2 é disposta de duas salas, uma pré-sala de recebimento de matéria prima e a sala de processamento. Na sala de processamento existe uma câmara pulmão onde a matéria prima é armazenada antes do seu processamento.

Na pré-sala são recebidos blocos de matéria prima de 20 Kg já congelados (-12°C) ou resfriados (7°C). Após a retirada da embalagem, são dispostos em carinhos com capacidade de 100 L.

Na sala de processamento ocorrem as transformações físicas das matérias primas. Inicia-se com a quebra dos blocos de carne congelada, seguida da moagem e incorporação de carne resfriada, a fim de equalizar a temperatura da mistura. Nesta sala também são feitas as aferições das massas de cada ingrediente para formulação da receita.

Na formulação das receitas, as matérias primas são adicionadas no misturador de capacidade de 400 kg e homogeneizadas. O tempo de mistura varia de acordo com a quantidade de cada matéria prima adicionada, variando de 3 a 9 minutos com temperatura final da mistura entre $-0,8^{\circ}\text{C}$ a $-1,0^{\circ}\text{C}$. Esta temperatura é fundamental para que na etapa seguinte não ocorram erros de medição eletrônica através da máquina (*handtmann*) que faz o corte e moldagem do formato dos produtos.

A através da máquina *handtmann* são obtidos os diferentes produtos destas linhas sendo eles carne moída, de 0,5 Kg, 1 Kg, 2,5 Kg, Hambúrguer de 120 g, 150 g, 180g, 200g e 210g. O corte e formato dos produtos são bem precisos quando a máquina opera em condições ideais (temperatura correta da mistura entre $-0,8^{\circ}\text{C}$ a $-1,0^{\circ}\text{C}$), juntamente com a manutenção dos discos de cortes.

Na utilização dessa máquina, são necessários 8 a 15 minutos para o processamento das carnes moídas de 0,5 kg e 1,0 kg, 40 minutos para a carne moída de 2,5 kg e 60 minutos, para o hambúrguer. As variações de massa aceitáveis são de 10 g (hambúrguer e carne moída de 0,5 Kg), 50 g (carne moída de 1,0 kg) e 100g (carne moída de 2,5 kg) sendo essas variações sempre consideradas a mais na massa final. após a aferição da massa, os produtos são dispostos nas caixas para congelamento conforme a sua gramatura: hambúrgueres de 120 g e 150g (15 por caixa), hambúrgueres de 160 a 210 g (12 por caixa), carnes moídas de 0,5 kg, 1 kg e 2,5 kg (7 por caixa, 5 por caixa, 3 por caixa) respectivamente. A aferição da massa é feita pelo menos em 1 dos produtos de cada caixa e a toda vez que se ajusta os parâmetros da *handtmann*.

Quando a aferição da massa do produto apresenta variação não aceitável o produto vai para reprocessamento. Caso a temperatura esteja entre os valores ótimos o produto retorna para a *handtmann*, caso a temperatura esteja abaixo da ideal o produto retorna para o homogeneizador e no caso da temperatura acima da ideal o produto volta ao misturador e será adicionado a uma nova receita. Cabe ressaltar que a temperatura máxima regulamentada por lei é de 7°C para produtos resfriados (BRASIL, 1998).

Para realização destes procedimentos são necessários 5 colaboradores, um para fornecer as caixas um para pegar os produtos no final da esteira e acomodar nas caixas, um para montar as pilhas de caixa, um para operar a balança periodicamente ajustar os parâmetros da *handtmann* e outro para identificar os lotes e fazer a expedição para a antecâmara de congelamento.

4.1.2 Setor de congelamento e embalagem

Após os produtos saírem de suas linhas de produção, os mesmos são direcionados para a antecâmara de congelamento e depois para a câmara de congelamento onde é realizado o congelamento dos produtos, sendo está uma parte importante no processo pois garante a qualidade final do produto. Essa etapa é muito importante para ambas as linhas, mas principalmente para a linha 2 onde os produtos são embalados com a embalagem primária após o congelamento, assim o rápido congelamento é fundamental para que os mesmos mantenham sua forma e não ocorra erros na embalagem.

A empresa dispõe de 4 ultracongeladores denominados de câmara de congelamento 1,2,3 e 4, com temperatura mínima de -25 graus cada. A tabela 3 apresenta a capacidade máxima de pilhas e caixas dos produtos em cada equipamento.

Tabela 2 - Capacidade de caixas e fileiras por câmara de congelamento

Câmara de congelamento	Número de pilhas	Número máximo de caixas
1,2 e 3	35	945
4	45	1.215
Total	150	4.050

Os equipamentos 1,2 e 3 variam a capacidade de 1.701 Kg a 5.250 Kg de acordo com o produto ali acondicionado. Já o equipamento 4 tem sua capacidade variando de 2.187 Kg a 6.750 Kg.

As dimensões das caixas de acondicionamento de produtos são de 60 cm e 39 cm de largura e 7 cm de altura. As pilhas de caixas são compostas por 27 caixas uma sobre a outra, as pilhas têm altura de 1,87 m e em cada pilha é acoplado um carrinho para facilitar o transporte e evitar o contato com o chão, sendo dessa forma a altura total do conjunto 2,00 m.

As câmaras de congelamento 1,2 e 3 possuem dimensões similares, 4,80 m por 2,50 m totalizando 12 m² e altura interna de 2,12 m, o que limita o número de caixas por pilhas a 27 caixas. A câmara de congelamento 4 possui dimensões de 4,8 m por 3,25 m totalizando 15,6 m² e altura interna de 2,12 m.

Todas as câmaras de congelamento possuem um rodapé interno de espessura de 13 cm, e altura de aproximadamente 30 cm, o mesmo tem função de diminuir cantos que acumulam sujidades e resíduos, facilitar a limpeza e aumentar o isolamento do local.

Os produtos da linha 1, saem já embalados com a embalagem primária e os da linha 2 não possuem embalagem, os mesmos são pré- armazenados na antecâmara de congelamento. Como as linhas de processamento não possuem alta capacidade de fluxo são necessários acomodar produtos de ambas as linhas na mesma câmara de congelamento. Até o momento o tempo de congelamento está sendo de 24h, pois não se tem conhecimento exato do tempo correto que cada produto leva para congelar. Assim, no dia seguinte ao congelamento, inicia-se o processo de embalagem seguindo a ordem de enchimento das câmaras. Como forma de controle, são aferidas as temperaturas de algumas amostras antes de liberar o produto para embalagem.

A sala de embalagem é comum para a utilização das linhas de produção 1 e 2. Os produtos após congelados são encaminhados para este setor. Na sala de embalagem, são feitos dois tipos de acondicionamento: a embalagem primária de produtos da linha 2 e embalagem secundária de produtos das linhas 1 e 2.

A linha 1 trabalha com duas pequenas linhas de embalagem onde cada pequena linha possui os seguintes processos:

As pilhas de caixas com produtos congelados são levadas para a sala de embalagem são retirar as caixas das pilhas e o produto colocado em uma cuba, as caixas para acondicionamento são montadas e os produtos acondicionados, as caixas com produto passam na seladora de caixas, são montados os paletes com as caixas e feito o estrechamento dos mesmos.

Já a linha 2 opera da seguinte maneira:

As pilhas de caixas com produtos congelados são levadas para a sala de embalagem, os produtos são colocados na cuba e depois dispostos na esteira da máquina que faz o empacotamento e selagem (*flow pack*). No final da esteira é feita a montagem das caixas e

acondicionamento do produto embalado nas caixas. As caixas passam na seladora de caixas e é feita a montagem e estrechamento dos paletes.

Cada produto já possui a quantidade exata que deve conter em cada caixa. Os paletes já possuem quantidade de caixas definidas: 12 caixas em 10 fileiras, totalizando 120 caixas. Após o palete pronto é feito o estrechamento com plástico filme e o palete recebe uma identificação para controle interno e de rastreabilidade. Após montado e identificado o palete segue para a área de espera para ser acondicionado na câmara de estocagem.

Na embalagem é necessário um colaborador para colocar as etiquetas de identificação nas caixas e nos paletes.

4.1.3 Ferramenta de controle da ocupação das câmaras de congelamento

Como forma de se controlar o percentual de ocupação das câmaras de congelamento, foi desenvolvido pelo estagiário responsável por esta pesquisa, um sistema de planilhas eletrônicas que calculam a ocupação total dos equipamentos através das ordens de produção. Assim, antes de se emitir a ordem de produção, era possível verificar qual seria a ocupação dos equipamentos, qual a quantidade de cada produto e o número de caixas que resultaram da produção.

Na tabela 3 a seguir está apresentado o funcionamento do sistema de tabelas de controle da capacidade das câmaras de congelamento. Segue como exemplo, a ordem de produção para as linhas 1 e 2:

Linha 1: 4000 Kg de produtos cozidos, em embalagens de 1 kg; 2000 Kg de produtos cozidos, em embalagem de 400 g.

Linha 2: 5000 Kg de carne moída in natura, com massa de 1 Kg; 2000 Kg de hambúrguer de 150 g cada unidade.

Tabela 3 - Entrada dos dados no sistema

Linha 1			
Produto	Massa	Porcentagem	
Cozidos 1 kg	4000	67%	
Cozidos 400 g	2000	33%	
Cozidos 2,5 kg	0	Sem Produção	
Recheio 1kg	0	Sem Produção	
Total	6000	100%	
Linha 2			
Produto	Massa	Porcentagem	
C. Moida 1kg	5000	71%	
C. Moida 500 g	0	Sem Produção	
C. Moida 2,5 kg	0	Sem Produção	
H 110 g	0	Sem Produção	
H 150 g	2000	29%	
H 180 g	0	Sem Produção	
H 200 g	0	Sem Produção	
H 210 g	0	Sem Produção	
Total	7000	100%	

Imediatamente após a entrada dos dados, o sistema desenvolvido já apresenta a % de cada produto em sua determinada linha, como mostra a coluna da direita da (tabela 3). Após a inserção dos dados no sistema o mesmo mostra qual será a ocupação total e quantas pilhas de caixa resultarão desta produção (tabela 4).

Tabela 4 - Resposta do sistema com o valor de ocupação total

Legenda	Ocupação total	Quantidade de fileiras
100% Ruim		
95% Regular	83,3%	125
90% Bom		

A resposta do sistema deve ser interpretada da seguinte forma: A ocupação total de 83,3% vai resultar em 125 pilhas de caixas.

O sistema desenvolvido fornece também informações mais detalhadas, como a quantidade de caixas de cada produto, a quantidade de fileiras ele representa e a porcentagem de ocupação deste produto nas câmaras de congelamento (tabela 5).

Tabela 5 - Resposta detalhada do sistema

Linha 1	Produtos peso (kg)	Peso/ cx (Kg)	%	Massa	Qnt cx	Qnt fileiras	% do total
Cozidos 1 kg	1,0	4,0	67%	4000	1000	38	25,3%
Cozidos 400 g	0,4	4,8	33%	2000	417	16	10,7%
Cozidos 2,5 kg	2,5	7,5	Sem Produção	0	0	0	0,0%
Total							36,0%
Linha 2	Produtos peso (kg)	Peso/ cx (Kg)	%	Massa	Qnt cx	Qnt fileiras	% do total
C. Moida 1kg	1,0	5,0	71%	5000	1000	38	25,3%
C. Moida 500 g	0,5	3,5	Sem Produção	0	0	0	0,0%
C. Moida 2,5 kg	2,5	7,5	Sem Produção	0	0	0	0,0%
H 110 g	0,1	1,7	Sem Produção	0	0	0	0,0%
H 150 g	0,2	2,3	29%	2000	889	33	22,0%
H 180 g	0,2	2,2	Sem Produção	0	0	0	0,0%
H 200 g	0,2	2,4	Sem Produção	0	0	0	0,0%
H 210 g	0,2	2,5		0	0	0	0,0%
Total							47,3%

Este sistema de planilhas é o resultado de um mapeamento completo de todos os produtos da indústria, onde neste mapeamento foi obtido a quantidade de produtos por caixa, a massa de cada produto por caixa e a massa de cada produto por fileira. Com estes dados foi possível determinar qual é a capacidade máxima de cada produto em cada câmara de congelamento, como mostra o recorte da (tabela 6). Como forma de preservar os dados dos produtos e identificação dos mesmos foi suprimido a descrição e código de identificação.

Tabela 6 - Recorte da tabela de banco de dados dos produtos

Câmara de congelamento	Código	Produto	Massa (Kg)/pacote	Unidades/caixa	Massa (Kg)/caixa	Quantida de caixas/ Fileira	Massa (Kg)/Fileira	Qnd de Fileiras	Qnd de caixas (UND)	Capacidade máx (Kg)
1,2 & 3			2,50	2	5,00	20	100,00	35	700	3500
			2,50	2	5,00	20	100,00	35	700	3500
			1,00	4	4,00	27	108,00	35	945	3780
			2,00	3	6,00	27	162,00	35	945	5670
			1,00	4	4,00	27	108,00	35	945	3780
			1,00	4	4,00	27	108,00	35	945	3780
			1,00	4	4,00	27	108,00	35	945	3780
			0,40	12	4,80	27	129,60	35	945	4536

A fim de favorecer o controle no processo de congelamento dos produtos, foi desenvolvida uma ficha (figura 10) para controle dos horários de início e fim do acondicionamento dos produtos nas câmaras de congelamento. Na ficha estão dispostos campos para preencher com a identificação do produto E através do seu código é possível marcar ou identificar quais as pilhas de caixa que não atingiram a temperatura ideal e verificar pontos de maior congelamento e de menor congelamento.

Figura 10 - Ficha de controle de produtos em congelamento

Ficha de Controle de Entrada e Saída dos Ultras e Diagrama de disposição

Data: Horário de início: Horário do fechamento: Início da Embalagem: Ultra:3	Data: Horário de início: Horário do fechamento: Início da Embalagem: Ultra:2	Data: Horário de início: Horário do fechamento: Início da Embalagem: Ultra:1
------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------

Esquerda → Direita					
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
	a	b	c	d	e

Esquerda → Direita					
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
	a	b	c	d	e

Esquerda → Direita					
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
	a	b	c	d	e

Data: Horário de início: Horário do fechamento: Início da Embalagem: Ultra: 4	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; min-height: 150px;"> Observações </div>
-------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Esquerda → Direita									
1									
2									
3									
4									
5									
	a	b	c	d	e	f	g	h	i

4.2.4 Resultados sobre os pontos analisados com problemas

A seguir estão apresentados os recortes dos resultados da Matriz GUT e 5W2H, no total foram observados 54 pontos no total destes foram selecionados 9 através da matriz GUT, estes pontos foram analisados através da ferramenta 5W2H.

Tabela 7 - Recorte do banco de dados analisados através da matriz GUT

Código	Problema	G.U.T
1	Variação de temperatura	125
35	Vários setups de produção	125
18	Excesso de calor da linha 1	112,5
22	Ganho de temperatura produto paletizado	112,5
2	Temperatura da expedição elevada	112,5
31	Condensador câmara de MP	112,5
14	Portas da expedição e recebimento com problem	102,5
36	Organização nas operações com os ultras	100
28	Produto esperando para ser congelado	100

Tabela 8 - Recorte da ferramenta 5W2H

Por quê ?	Onde ?	Quando ?	Quem ?
Legislação, perda de frio, embalagem e produtos	Corredores, linha 2	10/abr	Daniel e Diego
Otimizar linhas e embalagem	Linhas e embalagem	29/mar	Eleandro
Evitar perda de frio e condensação e falta de espaço	Autoclave e porta de saída linl	Em ação	Daniel
Perda de energia, deterioração do produto	Embalagem	29/mar	Diego
Qualidade e temperatura do produto, condensação	Docas	10/abr	Diego
Evitar formação de gelo	Resolvido	Em ação	Daniel
Segurança, controle do frio e agilidade das operações	Portas	10/abr	Diego
Fluxo de ar e eficiência no congelamento	Câmaras de congelamento	29/mar	Daniel e diego
Qualidade e temperatura do produto	Antecâmara	Em ação	Diego

As questões de Como e Quanto da ferramenta 5W2H foram omitidas deste trabalho pois questões internas, mas foram tratadas e definidas. A questão dos custos foi em sua maioria sem custo, apenas as ações de gestão e organização foram suficientes para resolução dos problemas.

4.2 RESULTADOS DO ESTUDO DE CONGELAMENTO

No decorrer deste item serão apresentados os resultados dos cálculos da capacidade e dos testes de congelamento dos produtos.

Para poder determinar qual a carga térmica que estava sendo adicionada nos equipamentos de congelamento através dos produtos foi necessária determinar qual a capacidade calorífica de cada um dos produtos com maior produção, os resultados estão apresentados na tabela 9.

Tabela 9 - Comparação entre os diferentes modelos para cálculo da capacidade calorífica de alimentos

Modelo Heldman, (2001).					Choi e Okos, (1986) e Irudayaraj, (2001)					
Produto	Composição	Fração	Cp (Kj/Kg.°C)	Varição %	Calor Fusão Kj/Kg°C	Produto	Composição	Fração	Cpi	Cp (Kj/Kg.°C)
B1	Umidade	0,72				B1	Umidade	0,72	4,187	
	Proteína	0,20	3,562	3,19	239,90		Proteína	0,20	1,549	3,452
	Lipídeos	0,07					Lipídeos	0,07	1,675	
	Sais e cinzas	0,01					Sais e cinzas	0,01	0,837	
	Total	1,00					Total	1,00		
A1	Composição	Fração	Cp (Kj/Kg.°C)		Calor Fusão Kj/Kg°C	A1	Composição	Fração	Cpi	Cp (Kj/Kg.°C)
	Umidade	0,71					Umidade	0,71	4,187	
	Proteína	0,21	3,491	3,36	236,31		Proteína	0,21	1,549	3,377
	Lipídeos	0,01					Lipídeos	0,01	1,675	
	Sais e cinzas	0,06					Sais e cinzas	0,06	0,837	
Total	1,00				Total	1,00				
A2	Composição	Fração	Cp (Kj/Kg.°C)		Calor Fusão Kj/Kg°C	A2	Composição	Fração	Cpi	Cp (Kj/Kg.°C)
	Umidade	0,71					Umidade	0,71	4,187	
	Proteína	0,20	3,510	3,33	235,91		Proteína	0,20	1,549	3,396
	Lipídeos	0,05					Lipídeos	0,05	1,675	
	Sais e cinzas	0,04					Sais e cinzas	0,04	0,837	
Total	1,00				Total	1,00				

O modelo escolhido para realização dos cálculos subsequentes foi o de Choi e Okos, (1986) e Irudayaraj, (2001), pois os mesmos levam em consideração a capacidade calorífica de

cada componente do produto em função da temperatura. Foi observado uma variação de 3,19 %, 3,36% e 3,33 % para os produtos B1, A1, A2, respectivamente em relação ao modelo de Heldman, (2001), para o modelo escolhido.

Através dos dados do fabricante das câmaras de congelamento, foi possível estabelecer qual a melhor forma de distribuir os produtos no processo de congelamento, sem que seja excedida a carga térmica máxima que o equipamento pode retirar por dia. Na tabela 10 estão apresentados a capacidade dos equipamentos referente a carga térmica, seguindo os dados fornecidos pelo fabricante.

Tabela 10 - Carga máxima removida de calor em 24 horas segundo o fabricante

Evaporador	Tempo de processo (h)	Funcionamento (h)	(Kcal/h)	Eficiência	(Kcal) removidas/Dia
1,2 e 3	24	19	25233	0,76	364364,520

O equipamento necessita que ocorram degelos periódicos para evitar o congelamento e obstrução das aletas que fazem a troca térmica dentro da câmara de congelamento. Os degelos são programados 6 vezes ao dia com duração de 50 minutos cada, resultando em 19 horas de funcionamento útil dos evaporadores. O fabricante estimou que 76% dessa carga térmica que o equipamento retira é efetivamente dos produtos e os outros 24% são relativos a calor de infiltração e perdas.

Através destas informações foi realizada uma comparação da relação entre carga térmica do produto a ser congelado com a carga térmica que poderia ser removida do sistema, conforme os resultados na tabela 11.

Tabela 11 - Carga térmica de cada produto

Produto	Tempo processo (h)	Massa (Kg)	Carga térmica do produto (Kcal)	Carga térmica máx retirada (Kcal)	% utilizada da carga térmica máx
A1	24	3780	371176,47		101,87
A2	24	3780	371654,10		102,00
B1	24	4725	327234,15	364364,52	89,81
B1 e A1	24	4252,5	349205,31		95,84
B1 e A2	24	4252,5	349444,12		95,91

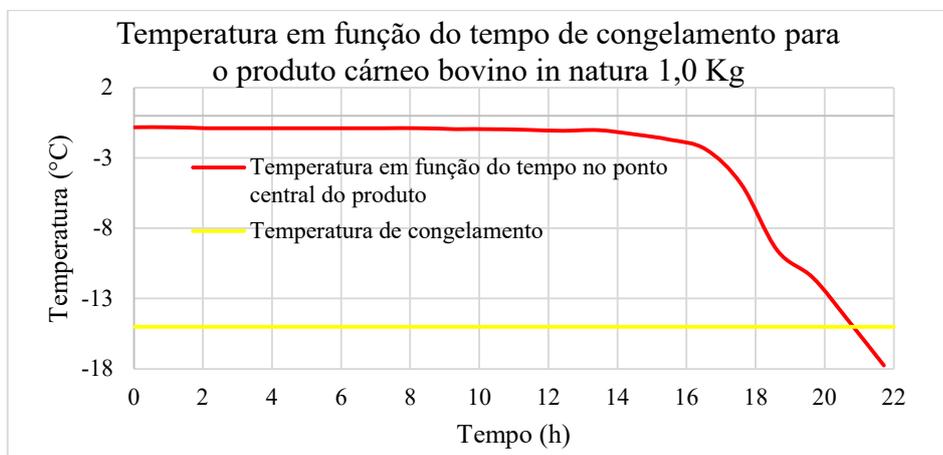
Dessa forma, verificou-se que a melhor condição teórica para o congelamento é a mesclagem entre os produtos A1 e B1, A2 e B1. Os produtos A1 e A2 são produtos cozidos e o produto B1 é um produto in natura. Se forem adicionados somente os produtos A1 e A2, os mesmos excederão a carga térmica máxima que o equipamento teria condições de remover.

4.2.1 Curvas de congelamento dos produtos

A temperatura mínima para o congelamento é de -12°C , no entanto, esta temperatura deve representar o produto como um todo, principalmente no ponto geométrico central (ponto quente). A fim de SE estabelecer margens de segurança entre o produto congelado e a etapa de embalagem que ocorre em temperatura ambiente (7°C a 12°C) foi estabelecido que a temperatura final do produto seja inferior a -12°C , adotando-se o valor de -15°C .

Na Figura 11 está apresentada a curva de congelamento do produto carne bovina in natura 1 Kg.

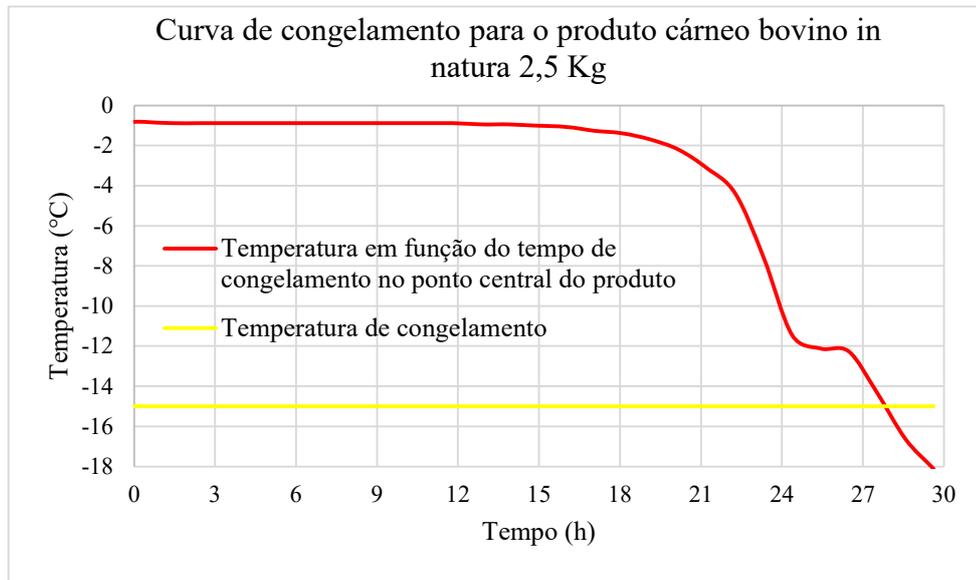
Figura 11 - Curva de congelamento para o produto cárneo in natura 1 Kg



Ao observar-se a figura 11 fica evidenciado que são necessárias 20,7 horas no processo de congelamento para que o produto atinja a temperatura final de -15°C . Observa-se também que entre $-9,5^{\circ}\text{C}$ e $-11,5^{\circ}\text{C}$ ocorre uma alteração da inclinação da curva de congelamento este fato se dá pela mudança de fase da água do produto passando do estado líquido para o estado sólido.

Fica evidente que são necessárias 14 horas para a remoção do calor sensível do produto, que é o calor retirado do produto sem alterar seu estado físico. A figura 12 mostra a curva de congelamento para o produto carne bovina moída de 2,5 Kg.

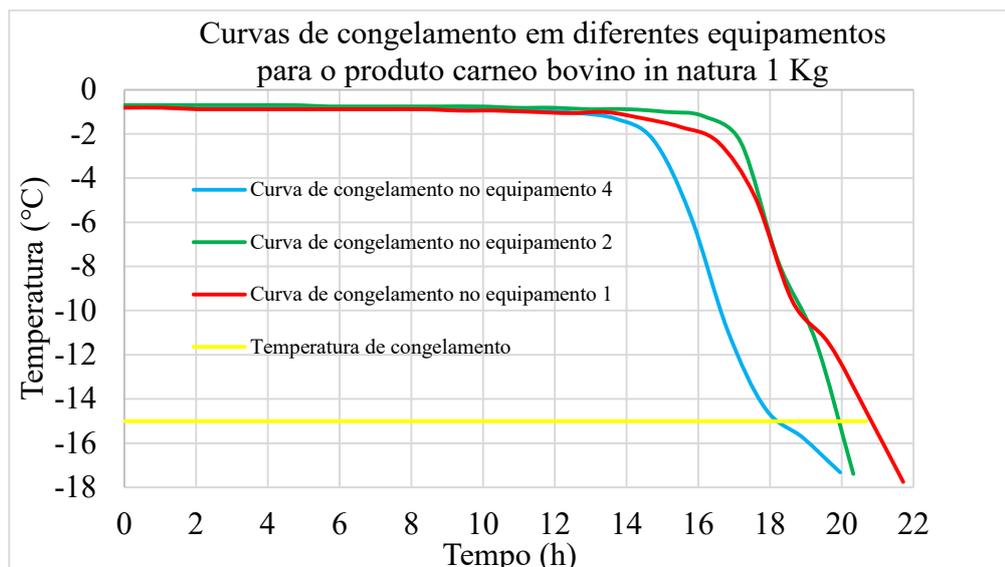
Figura 12 - Curva de congelamento para o produto cárneo bovino in natura 2,5 Kg



Através do gráfico é observado que o tempo de congelamento para o produto citado é de 27,5 horas e que quando o produto atinge temperaturas de $-12,12^{\circ}\text{C}$ e $-12,15^{\circ}\text{C}$ ocorre a mudança de fase do estado líquido para sólido.

Como a empresa dispõe de 4 equipamentos, foi realizado um comparativo para o produto carne moída entre os equipamentos, os resultados estão apresentados na figura 13.

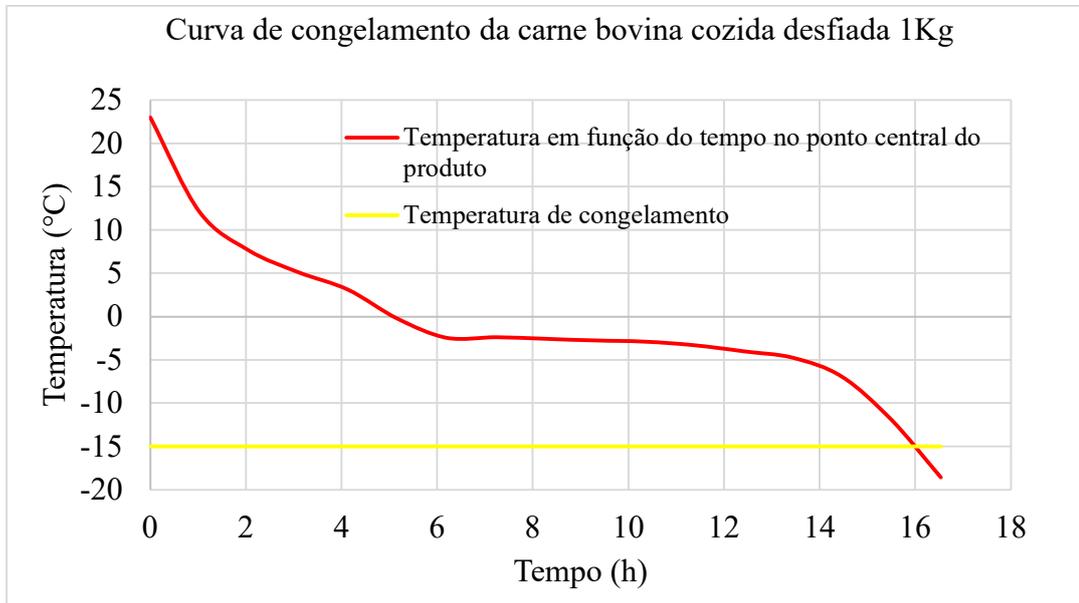
Figura 13 - Tempo de congelamento em diferentes equipamentos



Os resultados mostraram que o equipamento 4 apresentou menor tempo de congelamento seguido dos equipamentos 2 e 1. E os tempos de congelamento foram os seguintes: 18,1, 19,9 e 20,7 horas respectivamente. Existe uma diferença no congelamento entre

os equipamentos 4 e 1 pois são de fabricantes diferentes e possuem tempo de fabricação e uso diferentes, sendo o equipamento 4 mais novo e com recursos melhores e maior capacidade.

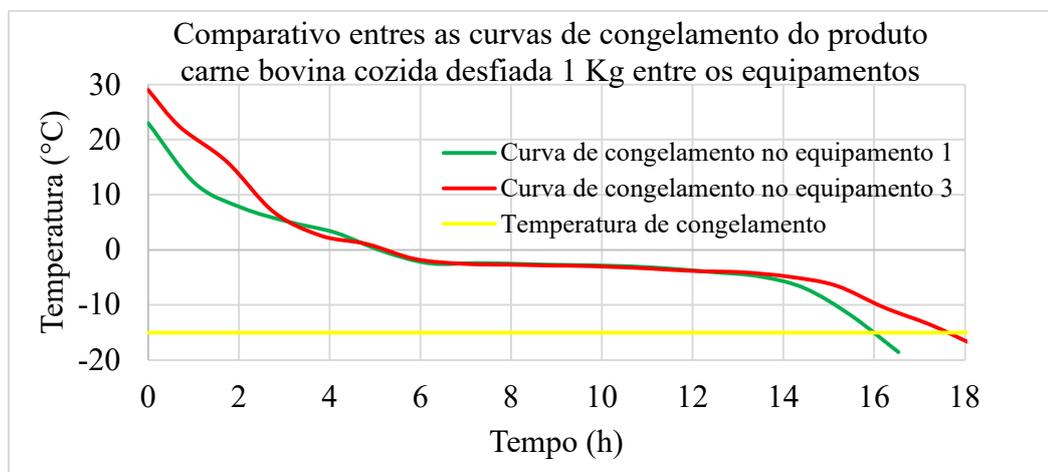
Figura 14 - Curva de congelamento da carne bovina desfiada 1 Kg



O tempo de congelamento para este produto foi de 16 horas sendo assim o tempo mínimo necessário para que se obtenha o produto congelado.

Comparativo entre as curvas de congelamento do produto carne bovina cozida desfiada 1 Kg entre os equipamentos.

Figura 15 - Comparativo das curvas de congelamento entre equipamentos para o produto carne cozida bovina desfiada 1 Kg



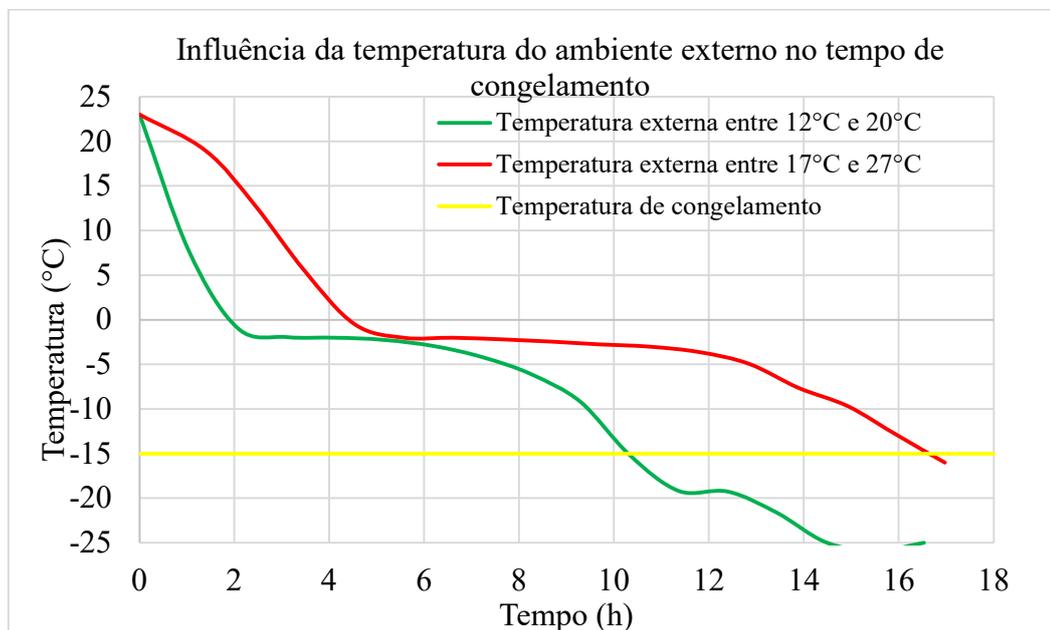
Através do gráfico é possível observar que o equipamento 1 tem um tempo de congelamento de 16 horas e o equipamento 3, 17,9 horas. Essa variação pode ser explicada em

relação a eficiência dos equipamentos, os mesmos não estão trabalhando com a mesma eficiência o equipamento 3 pode estar sujeito a mais perdas. Já foi evidenciado nos estudos anteriores que a pontos com maior incidência de calor na fábrica e um destes pontos está ligado diretamente com as antecâmaras de congelamento onde o equipamento que recebe o fluxo de ar primeiro é o equipamento 3 e possivelmente recebe o calor de infiltração com maior temperatura resultando nesse tempo maior de processo.

Outro fator que influencia o tempo de congelamento é a temperatura do ambiente externo. A indústria não é um sistema totalmente isolado, existem inúmeros pontos de infiltração de ar e a relação da temperatura externa faz com que os equipamentos trabalhem em taxas maiores e a eficiência do mesmo é reduzida.

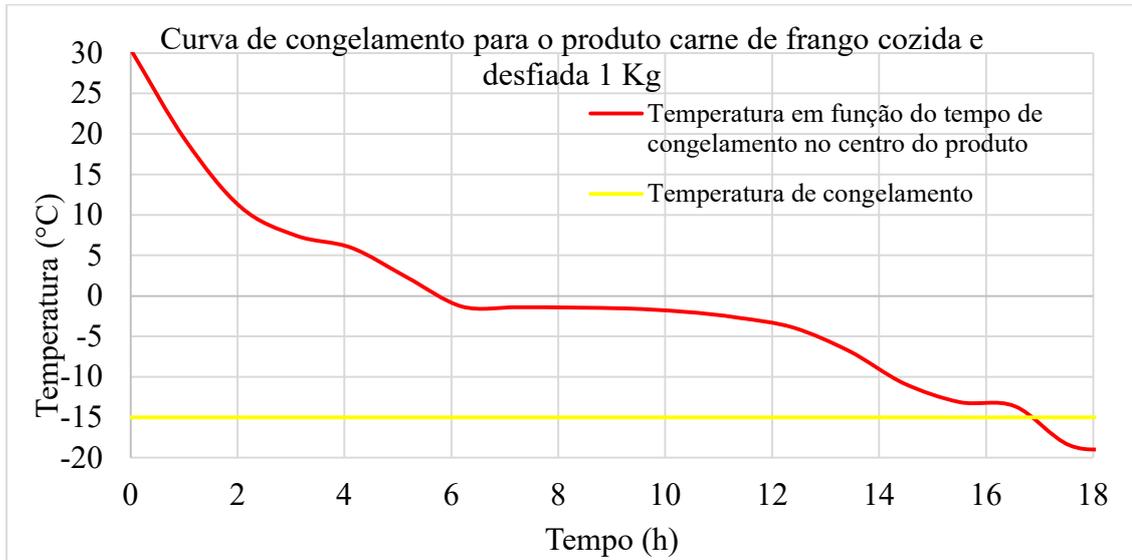
Dessa forma, foi realizado um comparativo do tempo de congelamento da carne bovina desfiada em diferentes dias. O horário inicial do experimento foi bem similar entre as 14:00 e 15:00 para ambos os dias. A variação de temperatura no dia ameno foi de 12°C a 20°C e no dia de temperatura mais elevada foi de 17°C a 27°C.

Figura 16 - Influência da temperatura externa no tempo de congelamento



Foi observado uma variação proximamente de 6 horas, esse tempo de variação é influenciado diretamente pela temperatura ambiente, em temperaturas amenas todo sistema de refrigeração perde menos energia e tem sua eficiência otimizada o que diminui o tempo de congelamento dos produtos.

Figura 17 - Curva de congelamento para a carne de frango cozida e desfiada



O produto carne de frango cozida e desfiada 1 Kg, não é um dos produtos com maior produção, mas tem sua produção mensal em alguns dias, a obtenção dos dados referente a ele foi uma ampliação do trabalho. Assim foi determinado que são necessárias 17,5 horas de congelamento para obter a temperatura de -15 graus.

4.3 RESULTADOS DO ESTUDO SOBRE AS SUJIDADES

Nos itens a seguir estão apresentados os resultados sobre o estudo das sujidades que entram na linha de produção. A fim de preservar dados da empresa foram identificadas as matérias primas como MP1, MP2 e MP3, sendo estes cortes bovinos sem osso.

Figura 18 - Aspecto visual dos produtos antes e após a inspeção, bem como o material retirado nesse processo

Produto antes da inspeção



Produto após a inspeção



Material retirado



Através do levantamento das quantidades de produtos, foi possível calcular o percentual médio das sujidades presentes nas matérias primas antes do seu cozimento (tabela 12).

Tabela 12 - Porcentagem média de sujidades das matérias primas antes do cozimento

Média dos dados				
Matéria Prima	Amostra (Kg)	Sujidade (Kg)	%	Desvio P.
MP1	19,855	1,905	9,66	3,2%
MP2	22,967	2,177	9,48	1,5%
MP3	17,22	2,027	11,37	0,037%

Foi obtido que o percentual de sujidades que estão entrando na linha de produção é de 9,66%, 9,48% e 11,37% para as matérias-primas MP1, MP2 e MP3 respectivamente, este resultado não esperado pois é uma porcentagem bem grande. Foi observado que a MP1 teve um desvio padrão mais alto que as demais, este fato pode ser explicado devido a esta matéria-prima vir de diversos fornecedores assim seria necessário ampliar o estudo para os fornecedores a fim de determinar qual possui melhor matéria-prima.

A fim de identificar se as sujidades permanecem na linha de produção, foi feito o mesmo processo de coleta e quantificação das sujidades em outros dois pontos. Após o cozimento com o produto em pedaços e depois do produto desfiado. Na tabela 13 estão apresentados os resultados.

Tabela 13 - Porcentagem de sujidades calculada das matérias primas após cozimento

Média dos dados Obtidos					
Matéria Prima	Tipo	Amostra (Kg)	Sujidade (Kg)	%	Desvio P. %
MP1	Desfiado	0,767	0,038	4,87	0,09%
MP2	Desfiado	0,664	0,049	7,23	2,83%
MP1	Pedaços	0,614	0,066	10,70	1,75%
MP2	Pedaços	0,722	0,059	8,10	1,80%

Através dos resultados obtidos fica evidenciado que após o processo de desfiamento houve redução nas porcentagens de sujidades apresentadas. Este fato se dá pois no processo de desfiamento ocorre a quebra do pedaço de carne e uma homogeneização da gordura e do colágeno presente, o que impossibilita a retirada dos mesmos no produto após o desfiamento. Isso altera a aparência do produto após o congelamento, restando pequenos cristais de gordura aparente sobre a superfície do produto.

4.3.1 Cálculo da massa e valores de insumos utilizados nas matérias não aceitáveis (sujeidades)

Após a obtenção das porcentagens de matéria que não deveria ser processada (sujeidade), foi realizada a obtenção proporcional de quanto esta massa representa, bem como os custos de insumos utilizados por batelada. Os dados foram projetados e ampliados considerando uma produção diária de 8000 Kg de matéria prima, 16 bateladas no processo de tempero e 22 dias de produção mensal. A denominação dos insumos foi realizada por letras aleatórias seguindo a sequência alfabética iniciada pela letra A. A relação de custo de insumos por batelada está apresentada nas tabelas a seguir.

Tabela 14 - Relação de insumos e custos para a salmoura do produto A1

Salmoura				
Produto A1	Kg	%	R\$/ Kg	R\$/Batelada
A	51,50	10,30	0	0,00
B	15,00	3,00	1,2	18,00
C	2,00	0,40	32,66	65,32
D	4,00	0,80	7,81	31,24
E	0,45	0,09	99,89	44,95
F	2,50	0,50	34,7	86,75
Total/Batelada				R\$ 246,26

Tabela 15 - Relação de insumos e custos para a salmoura do produto A2

Salmoura				
Produto A2	Kg	%	R\$/ Kg	R\$/Batelada
A	100	20,00	0	0
B	2	0,40	1,7	3,4
C	6,5	1,30	36,8	239,2
Total/Batelada				R\$ 242,60

Tabela 16 - Relação de insumos e custos para a salmoura do produto A3

Salmoura				
Produto A3	Kg	%	R\$/ Kg	R\$/Batelada
A	90	18,00	0	0
B	2,7	0,54	1,2	3,24
C	6,2	1,24	36,45	225,99
Total/Batelada				R\$ 229,23

Assim foram calculados os custos de R\$ 246,26, R\$ 242,60, R\$ 229,23 para a produção de uma batelada de produtos A1, A2 e A3 respectivamente.

Tabela 17 - Custo de produção com a utilização das matérias-primas com sujidades para a produção do produto A1

Produto A1			
	MP1	MP2	MP3
Sujida por batelada (Kg)	48,32	47,39	58,83
Sujidade mensal (Kg)	17008,42	16682,72	20709,00
Custo por batelada	R\$ 23,80	R\$ 23,34	R\$ 28,98
Custo mensal	R\$ 8.377,00	R\$ 8.216,59	R\$ 10.199,62

Baseado nas porcentagens de sujidades apresentadas por cada matéria-prima foi estabelecido o custo de perdas com os insumos no tratamento das matérias-primas MP1, MP2 e MP3 com teor de sujidades, de R\$ 8.377,00, R\$ 8.216,59, R\$ 10.199,62 respectivamente para a produção do produto A1.

Tabela 18 - Custo de produção com a utilização das matérias-primas com sujidades para a produção do produto A2

Produto A2			
	MP1	MP2	MP3
Sujida por batelada (Kg)	48,32	47,39	58,83
Sujidade mensal (Kg)	17008,42	16682,72	20709,00
Custo por batelada	R\$ 23,44	R\$ 23,00	R\$ 28,98
Custo mensal	R\$ 8.252,48	R\$ 8.094,46	R\$ 10.048,00

Assim ficou estimado que o custo de perdas com o processamento das matérias-primas MP1, MP2 e MP3 com teor de sujidades, para a produção do produto A2 são R\$ 8.252,48, R\$ 8.094,46 e R\$ 10.048,00 respectivamente.

Tabela 19 - Custo de produção com a utilização das matérias-primas com sujidade para a produção do produto A3

Produto A3			
	MP1	MP2	MP3
Sujida por batelada (Kg)	48,32	47,39	58,83
Sujidade mensal (Kg)	17008,42	16682,72	20709,00
Custo por batelada	R\$ 22,15	R\$ 21,73	R\$ 28,55
Custo mensal	R\$ 7.797,68	R\$ 7.648,36	R\$ 9.494,25

Assim ficou estimado que para a produção do produto A3, tem custo de perdas de R\$7.797,68, R\$ 7.648,26, R\$ 9.494,25 para as matérias-primas MP1, MP2 e MP3, respectivamente referente ao teor de sujidades.

Tabela 20 - Custo com gás GLP para cozimento das sujudades

Matéria-Prima	Massa sujudade (Kg)	Massa gás (Kg)	Custo/mês (R\$)
MP1	17008	995	6199,55
MP2	16682	976,04	6080,72
MP3	20709	1211	7548,60

Tabela 21 - Custo estimado efetivo mensal e por batelada com o processamento de sujudades

Estimativa do custo de perdas mensal e por batelada			
	MP1	MP2	MP3
Custo com insumos	R\$ 8.142,39	R\$ 7.986,47	R\$ 9.913,96
Custo com gás GLP	R\$ 6.199,55	R\$ 6.080,72	R\$ 7.548,60
Custo total	R\$ 14.341,94	R\$ 14.067,19	R\$ 17.462,56
Custo por batelada	R\$ 40,74	R\$ 39,96	R\$ 49,61

Assim foi determinado que o custo efetivo total com a entrada de sujudades na linha de produção por batelada de matérias-primas é de R\$ 40,47, R\$ 39,96 e R\$ 49,61 para as matérias-primas MP1, MP2 e MP3 respectivamente.

Além dos custos estimados podem ser considerados outros custos como o custo do tratamento de resíduos devido a estas matérias primas possuem quantidade significativa de gordura.

Outros custos ainda devem ser considerados como custos operacionais com colaboradores que fazem a retirada destas sujudades em outros pontos da linha de produção, custo com a manutenção do desafiador, pois através dos resultados ficou evidenciado que o equipamento retém parte desses materiais considerados sujudades.

4.4 PERDA DE ENERGIA DEVIDO A FALHAS DO PROCESSO

O processo de congelamento é afetado por inúmeros fatores como temperatura ambiente, material isolante do equipamento, sistema de vedação das portas, tempo de abertura de portas para colocar produtos entre outros fatores.

Na tabela a seguir estão apresentados dados referentes a energia que está sendo perdida devido a existência de pontos com liberação de calor dentro da indústria. Estes pontos estão ligados diretamente com os locais onde existe a infiltração de ar nas câmaras de congelamento e estocagem de produtos.

Para efetivação dos cálculos foram levados em consideração o tempo de abertura das portas, a taxa de fluxo de ar pelos evaporadores, a temperatura, umidade dos locais e demais dados termodinâmicos obtidos através dos dados.

Tabela 22 - Dados termodinâmicos de pontos da indústria

Áreas da indústria	T (°C)	UR (%)	Entalpia (Kj/Kg ar)	g água/ Kg ar
Saída da sala de lavagem de caixas	20,6	90	55	13,9
Saída da câmara de estocagem	11	65	31,5	6,8
Antecâmara dos equipamentos 1,2 e 3	11	80	32,5	7,5
Linha 1 início da esteira	20,7	78	50	11,6

Através dos dados foi observado uma variação de temperatura próxima a 10°C, o que pode ser considerada alta levando em conta que isto pode afetar significativamente a eficiência do sistema de congelamento e o tempo de congelamento.

Através da capacidade de retirar calor do ambiente pelos evaporadores foi estabelecido o tempo mensal de funcionamento do sistema de congelamento para retirar somente este calor indevido adicionado ao sistema como mostra a tabela 23.

Tabela 23 - Perdas energéticas e tempo de funcionamento do sistema para retirar este calor indevido

Dados	Perdas energéticas (Kcal)/dia	Carga térmica retirada	Tempo de funcionamento do sistema (h)
Carga térmica máxima retirada (Kcal/h)		25.233	
Câmara de estocagem de produtos	6571,31	26,0%	0,26
Câmara de congelamento 1,2 e 3	2021,94	8,0%	0,08
Câmara de estocagem de matéria prima	9126,81	26,2%	0,36
Total ao mês	17.720,06	70,2%	15,45

Assim, foi estimado que são necessárias 15,45 horas ao mês de funcionamento do sistema de congelamento e refrigeração, somente para retirada de calor liberado indevidamente no ambiente.

5 CONCLUSÃO

No mapeamento das linhas de produção foram identificados 54 pontos que necessitam de correções, destes foram selecionados 9 através das ferramentas matriz GUT e tratados através da ferramenta 5W2H, todos já estão com seu plano de ação determinado e em andamento.

O desenvolvimento de ferramentas para auxiliar o de monitoramento e gestão do processo congelamento, foi fundamental para desenvolver um padrão, aumentar a eficiência do processo e ter uma visão ampla sobre o que acontecerá durante o dia de produção.

A obtenção das curvas de congelamento foi uma etapa crucial do trabalho e muito importante para a indústria, pois era uma de suas demandas internas. Foi possível determinar o tempo mínimo de permanência dos produtos nas câmaras de congelamento, sendo este tempo de 20,7 e 27,5 horas para os produtos cárneos in natura de 1 Kg e 2,5 Kg, 16 e 17,5 horas para os produtos carne cozida e desfiada bovina 1 kg e frango de 1 Kg.

Foi evidenciado variações no processo em função dos equipamentos utilizados e em função da variação da temperatura ambiente, essas alterações em si são influências externas que devem ser minimizadas com o processo de manutenção e contenção de ar de infiltração na indústria.

O estudo sobre as sujidades mostrou que o processo inicial de produção é fundamental para que ao final se obtenha um produto com qualidade e com perdas minimizadas. Foi determinado que para a cada 500 Kg de matéria-prima que se entra na indústria (uma batelada) se perde entre R\$ 39,96 a R\$49,61 com o processamento de sujidades referente a custos com insumos e gás, outras perdas e custos operacionais não foram considerados neste estudo, mas podem aumentar significativamente este resultado.

Foram quantificadas perdas referentes a pontos de liberação de calor na indústria, o que resultou em um tempo perdido de 15,45 horas de funcionamento de um dos equipamentos do sistema de congelamento. Este tempo é próximo ao tempo de congelamento de um produto como a carne bovina cozida e desfiada de 1 Kg, assim se minimizar estes efeitos pode-se otimizar o processo de congelamento.

O estudo foi de grande importância para demonstrar a atuação do Engenheiro de Alimentos, dentro de uma indústria de processamento de proteína animal, demonstrar pontos de melhoria na indústria e trazer uma grande economia se otimizado esses pontos identificados.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ALIMENTOS. **A ABIA anuncia resultados do setor em 2020 em coletiva de imprensa.** Disponível em <https://abia.org.br/noticias/abia-anuncia-resultados-do-setor-em2020-em-coletiva-de-imprensa> Acesso em 06 Abr. 2022.

BASTOS, Emanuel da Costa. **Estudo paramétrico por DFC da influência da capacidade e disposição do armazenamento de carcaças cárneas no desempenho térmico de câmaras de refrigeração.** 2013. 110 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Electromecânica, Universidade da Beira Interior, Covilhã, 2013. Disponível em: <https://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/2470/1/Disserta%c3%a7%c3%a3o%20final%20Emanuel%20Bastos.pdf>. Acesso em: 04 abr. 2022

BRASIL. Constituição (1998). Portaria nº 210, de 10 de novembro de 1998. **Portaria Nº 210, de 10 de Novembro de 1998..** Brasil, 26 nov. 1998. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/ptbr/assuntos/inspecao/produtosanimal/empresario/portaria210199810.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2022.

EGEA, M.B.; REIS, M.H.M.; DANESI, E.D.G ... Aplicação de Modelos Matemáticos Preditivos para o Cálculo das Propriedades Termofísicas do Palmito Pupunha. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, [S.L.], v. 17, n. 2, p. 179-187, 30 jun. 2015. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais. <http://dx.doi.org/10.15871/1517-8595/rbpa.v17n2p179-187>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/293012121_Aplicacao_de_Modelos_Matematicos_Preditivos_para_o_Calculo_das_Propriedades_Termofisicas_do_Palmito_Pupunha. Acesso em: 02 mar. 2022.

ELERATE, Josimar; BADARÓ, Amanda Teixeira; FONTES, Edimar Aparecida Filomeno. EFEITOS DE DIFERENTES TIPOS DE CONGELAMENTO E DESCONGELAMENTO DE MOLHO MADEIRA. **The Journal Of Engineering And Exact Sciences**, [S.L.], v. 3, n. 7, p. 0863-0875, 20 jul. 2017. Universidade Federal de Viçosa. <http://dx.doi.org/10.18540/jcecvl3iss7pp0863-0875>.

FGV PROJETOS (Brasil). **O SETOR DE CARNES NO BRASIL E SUAS INTERAÇÕES COM O COMÉRCIO INTERNACIONAL.** 2018. Disponível em:

https://gvagro.fgv.br/sites/gvagro.fgv.br/files/u115/03_Setor_Carnes_Brasil_PT.pdf. Acesso em: 06 abr. 2022

NIETZSCHE, Friedrich. **Assim falou Zaratustra**. São Paulo: Edipro Edições Profissionais, 2020.

MARINI, Gláucio Antonio. **ANÁLISE DO CONGELAMENTO E DESCONGELAMENTO DE SALSICHA, MORTADELA E CMS DE FRANGO EM PROCESSO INDUSTRIAL**. 2008. 114 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Erechim, 2008. Disponível em: https://www.uricer.edu.br/cursos/arq_trabalhos_usuario/989.pdf. Acesso em: 10 fev. 2022.

RODRIGUES, Nadine Rafaela Santos. **Estudo da eficiência energética de uma caldeira aquatubular**. 2016. 77 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia Química, Ramo Optimização Energética na Indústria Química, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, 2016. Disponível em: https://recipp.ipp.pt/bitstream/10400.22/11079/1/DM_NadineRodrigues_2016_MEQ.pdf. Acesso em: 06 mar. 2022

ROLOFF, Scheila. **PROCEDIMENTOS A SEREM SEGUIDOS PARA REALIZAR O CÁLCULO DE CUSTO DE OCIOSIDADE NAS INDÚSTRIAS**. 2010. 56 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Contábeis, <https://Repositorio.Ucs.Br/Xmlui/Bitstream/Handle/11338/1567/Tcc%20Scheila%20Rolloff.Pdf?Sequence=1&Isallowed=Y>, Caxias do Sul, 2010. Disponível em: <https://repositorio.ucs.br/xmlui/bitstream/handle/11338/1567/TCC%20Scheila%20Rolloff.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 06 abr. 2022.

ZATTA, Fernando N.; Freire, Hercules V.L.; COSER, Moises B.; CASTRO, Márcio L.; Teixeira, Aridélmo J. **Custo de ociosidade no contexto da gestão estratégica de custos: um estudo empírico numa empresa do setor têxtil do Espírito Santo**. In: X CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS, 2003, Guarapari. **Anais ...** Guarapari: ESPIRITO SANTO, 2003. Disponível em: http://legado.fucape.br/_public/producao_cientifica/2/Zatta-%20Custo%20de%20ociosidade%20no.pdf. Acesso em: 01 mar. 2022.