

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA  
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO 2**

**ALVARO BORINI GALTER  
ARTUR BOTANI DE SOUZA DIAS  
GUSTAVO MAROSTEGAN GRANGEIRO  
JOÃO VITOR ALARCON FERNANDES  
TÚLIO HENRIQUE GONÇALVES DA SILVA**

**PROJETO INDUSTRIAL DE PRODUÇÃO DE  
LEITE E IOGURTE DE SOJA: *SOY HEALTH***

**APUCARANA**

**2020**

**ALVARO BORINI GALTER  
ARTUR BOTANI DE SOUZA DIAS  
GUSTAVO MAROSTEGAN GRANGEIRO  
JOÃO VITOR ALARCON FERNANDES  
TÚLIO HENRIQUE GONÇALVES DA SILVA**

**PROJETO INDUSTRIAL DE PRODUÇÃO DE  
LEITE E IOGURTE DE SOJA: *SOY HEALTH***

**Industrial Project for the Production of Soy Milk and Yogurt: *Soy Health***

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).  
Orientadora: Prof. Dra. Ana Cláudia Ueda

**APUCARANA – PR**

**2020**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite que outros remixem, adaptem e criem a partir do seu trabalho para fins não comerciais, desde que atribuam a você o devido crédito e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos a nossa professora orientadora Dra. Ana Cláudia Ueda por nos acompanhar durante a realização deste projeto.

A nossa família por toda paciência e incentivo.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná pela oportunidade de realizar esse trabalho e propiciar todo o conhecimento necessário.

Aos nossos amigos, em especial ao Airton Sammi Júnior, que nos auxiliaram no desenvolvimento do projeto.

TERMO DE APROVAÇÃO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - TCC

PROJETO INDUSTRIAL DE PRODUÇÃO DE LEITE E IOGURTE DE SOJA: SOY HEALTH

Por

Alvaro Borini Galter  
Artur Botani de Souza Dias  
Gustavo Marostegan Grangeiro  
João Vitor Alarcon Fernandes  
Túlio Henrique Gonçalves da Silva

Monografia apresentada às 15 horas 01 min. do dia 27 de novembro de 2020, como requisito parcial, para conclusão do Curso de Engenharia Química da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Apucarana. Os candidatos foram arguidos pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação e conferidas, bem como achadas conforme, as alterações indicadas pela Banca Examinadora, o trabalho de conclusão de curso foi considerado APROVADO.

Banca examinadora:

Ana Cláudia Ueda, Dra. Universidade Tecnológica Federal do Paraná	Orientadora
Caroline Casagrande Sipoli, Dra. Universidade Tecnológica Federal do Paraná	Examinadora
Luciana de Souza Moraes, Dra. Universidade Tecnológica Federal do Paraná	Examinadora



Documento assinado eletronicamente por (Document electronically signed by) **ANA CLAUDIA UEDA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em (at) 21/12/2020, às 14:15, conforme horário oficial de Brasília (according to official Brasília-Brazil time), com fundamento no (with legal based on) art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por (Document electronically signed by) **LUCIANA DE SOUZA MORAES, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em (at) 21/12/2020, às 14:25, conforme horário oficial de Brasília (according to official Brasília-Brazil time), com fundamento no (with legal based on) art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por (Document electronically signed by) **CAROLINE CASAGRANDE SIPOLI, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em (at) 21/12/2020, às 16:10, conforme horário oficial de Brasília (according to official Brasília-Brazil time), com fundamento no (with legal based on) art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site (The authenticity of this document can be checked on the website) [https://sei.utfpr.edu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.utfpr.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador (informing the verification code) **1776648** e o código CRC (and the CRC code) **8864D009**.

## RESUMO

Produtos derivados da soja são fonte de proteínas e vitaminas. O leite de soja é obtido por meio da moagem da soja e pela adição de água quente e o iogurte de soja é alcançado pela fermentação de seu leite utilizando os inóculos *Lactobacillus bulgaricus* e *Streptococcus thermophilus*. O Brasil apresenta-se como o segundo maior produtor mundial desta matéria-prima e, mesmo que grande parte dos grãos sejam exportados, o mercado interno também é abastecido e a soja é utilizada como na indústria alimentícia, produção de biodiesel ou comercialização como farelo de soja. Tem-se notado um aumento de consumidores que buscam uma alimentação saudável, e também intolerantes à lactose e pessoas que buscam opções veganas em sua alimentação. Assim, com um mercado crescente e uma grande disponibilidade de matéria-prima, este trabalho apresenta o projeto de uma indústria de médio porte, denominada *Soy Health*, localizada em Ponta Grossa, produtora de leite e iogurte a partir da soja, tendo uma produção de 401 kg/h de leite e 420 kg/h de iogurte de soja, totalizando uma produção anual de 6,9 milhões de quilos. Foi desenvolvido o balanço de massa do processo produtivo, adequando-se a demanda de mercado nacional, bem como o balanço de energia, a descrição e dimensionamento de equipamentos, o *layout*, planta baixa e o destino dos resíduos e efluentes obtidos durante a produção. A partir da análise financeira o projeto revelou-se economicamente viável, trazendo produtos com preços menores em relação ao mercado de produtos à base de leite e um retorno de investimento com prazo menor que 4 anos.

**Palavras-chave:** Soja. Leite de soja. Iogurte de soja. *Soy Health*.

## ABSTRACT

Soy products are a source of protein and vitamins. Soymilk is obtained by milling soybeans and adding hot water and soy yogurt is achieved by fermenting its milk using *Lactobacillus bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus* inoculants. Brazil is the second producer in the world of the beans and, even if part of the grain is exported, the domestic market is also supplied and soy is used as a raw material in the food industry, biodiesel production or commercialization as soybean meal. There has been an increase in consumers seeking healthy food, as well as lactose intolerants and people seeking vegan options in their diet. Thus, with a growing market and a large availability of raw materials, this work presents the project of a medium-sized industry, called Soy Health, located in Ponta Grossa, producer of milk and yogurt from soybean, with a production of 401 kg/h of milk and 420 kg/h of soy yogurt, totaling an annual production of 6.9 million kilograms. The mass balance of the production process was developed, adapting to the domestic market demand, as well as the energy balance, the description and dimensioning of equipment, the layout, floor plan and destination of waste and effluents obtained during production. Starting from the financial analysis, the project has proven itself economically viable, bringing products with lower prices in relation to the market for milk-based products and an investment payback of less than 4 years.

**Keywords:** Soy. Soy Milk. Soy Yogurt. Soy Health.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Logomarca da empresa .....	30
Figura 2 - Organograma da empresa .....	31
Figura 3 - Diagrama de blocos do processo de fabricação de leite de soja e iogurte de soja.....	36
Figura 4 - Fluxograma do processo de fabricação de leite e iogurte de soja .....	38
Figura 5 - Moega, vista lateral.....	39
Figura 6 - Moega e silo de armazenamento.....	39
Figura 7 - Máquina de Pré-Limpeza Cereais/ PL-250 .....	40
Figura 8 - Descascadora de grãos .....	41
Figura 9 - Moinho .....	42
Figura 10 - Centrifuga .....	43
Figura 11 - Tanque de resfriamento .....	43
Figura 12 - Homogeneizador de leite de soja.....	44
Figura 13 - Pasteurizador.....	45
Figura 14 - Embalagem do leite Soy Health.....	45
Figura 15 - Fermentador .....	47
Figura 16 - Embalagem iogurte de soja Soy Health .....	48
Figura 17 – Correntes para a peneira .....	51
Figura 18 – Correntes para o descascador .....	53
Figura 19 - Correntes do tanque de hidratação.....	56
Figura 20 - Correntes do triturador.....	61
Figura 21 - Correntes para o tanque de aquecimento.....	63
Figura 22 - Correntes para a centrifugação e filtração .....	65
Figura 23 - Correntes para a adição de sal e açúcar .....	66
Figura 24 - Correntes para o pasteurizador.....	68
Figura 25 - Correntes para o fermentador.....	70
Figura 26 - Correntes para a adição de polpa .....	74
Figura 27 - Balança rodoviária .....	88
Figura 28 - Moega de recepção de grãos .....	89
Figura 29 - Silos planos do modelo TCZ01014 .....	91

Figura 30 - Balança integradora .....	92
Figura 31 - Peneira vibratória Velopen 4-10-2.....	92
Figura 32 - Descascadora de soja.....	94
Figura 33 - Visão lateral, frontal e superior da descascadora de soja.....	94
Figura 34 - Tanques de hidratação .....	95
Figura 35 - Moinho modelo JMF80.....	96
Figura 36 - Tanque para o tratamento térmico .....	98
Figura 37 - Centrífuga filtrante PD1500.....	99
Figura 38 - Tanque de resfriamento RLG-1B .....	100
Figura 39 – Tanque de resfriamento TTC-F.....	100
Figura 40 – Homogeneizador BK-0.8/25 .....	102
Figura 41 – Pasteurizador E-1.....	103
Figura 42 - Fermentador .....	104
Figura 43 - Tanque de mistura .....	105
Figura 44 - Embalador modelo PKK-APK201.....	106
Figura 45 - Trocador de calor de placas.....	108
Figura 46 - Trocador de calor casco e tubo.....	109
Figura 47 - Caldeira elétrica .....	110
Figura 48 - Válvula gaveta.....	112
Figura 49 - Válvula solenoide .....	113
Figura 50 - Bomba helicoidal.....	114
Figura 51 - Bomba centrífuga.....	115
Figura 52 - Compressor .....	115
Figura 53 - Mufla .....	117
Figura 54 - Balança industrial digital .....	117
Figura 55 - Balança de precisão.....	118
Figura 56 - pHmetro .....	119
Figura 57 - Condutivímetro.....	119
Figura 58 - Refratômetro .....	120
Figura 59 - Capela de exaustão de gases.....	121
Figura 60 - Espectrofotômetro.....	121
Figura 61 - Microscópio .....	122



Figura 62 - Diagrama de cascata .....	124
Figura 63 – Casca de soja peletizada e normal .....	125
Figura 64 – Okara .....	126
Figura 65 - Diagrama de blocos do tratamento de efluentes.....	126
Figura 66 - Coagulação-floculação e decantação .....	127
Figura 67 - Funcionamento de uma lagoa facultativa.....	128
Figura 68 - Funcionamento básico do CIP .....	130
Figura 69 - Sistema CIP .....	131
Figura 70 – Correntes para a coagulação-floculação e decantação .....	133
Figura 71 – Correntes para a lagoa facultativa.....	134
Figura 72 - Dimensionamento do tanque de coagulação-floculação.....	138
Figura 73 - Dimensionamento da lagoa facultativa .....	138
Figura 74 - PFD da <i>Soy Health</i> .....	140
Figura 75 – Localização do terreno .....	141
Figura 76 - Demarcação do terreno .....	141
Figura 77 – Vista do terreno .....	142
Figura 78 - <i>Layout 2d</i> da indústria.....	143
Figura 79 - Visão frontal da <i>Soy Health</i> .....	144
Figura 80 - Visão traseira da <i>Soy Health</i> .....	145
Figura 81 - <i>Layout 2d</i> da produção .....	146
Figura 82 - Planta baixa do setor de produção.....	147
Figura 83 - <i>Layout 3d</i> da produção .....	148
Figura 84 - Fluxo de caixa <i>Soy Health</i> .....	152
Figura 85 - Ponto de equilíbrio da capacidade produtiva .....	154

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Fração e vazões mássicas das correntes da peneira .....	52
Tabela 2 - Frações e vazões mássicas da corrente de entrada do descascador.....	53
Tabela 3 - Composição da soja em base seca.....	54
Tabela 4 - Frações e vazões mássicas do descascador com mais componentes ....	55
Tabela 5 - Constantes de Peleg para soja em diferentes temperaturas.....	57
Tabela 6 - Frações e vazões mássicas das correntes do tanque de hidratação.....	60
Tabela 7 - Frações e vazões mássicas do triturador.....	62
Tabela 8 - Frações e vazões mássicas do tanque de aquecimento.....	64
Tabela 9 - Frações e vazões mássicas da centrífuga e filtro .....	66
Tabela 10 - Frações e vazões mássicas para o tanque de resfriamento .....	68
Tabela 11 - Frações e vazões mássicas do pasteurizador .....	69
Tabela 12 - Frações e vazões mássicas do fermentador.....	73
Tabela 13 - Composição da polpa de morango (g/100 g) .....	73
Tabela 14 - Frações e vazões mássicas para adição de polpa.....	75
Tabela 15 - Dados e valores do balanço energético para a hidratação .....	79
Tabela 16 - Dados e valores do balanço energético para a trituração .....	79
Tabela 17 - Dados e valores do balanço energético para o tratamento térmico .....	80
Tabela 18 - Dados e valores do balanço energético para o primeiro resfriamento ...	81
Tabela 19 - Dados e valores do balanço energético para a pasteurização.....	81
Tabela 20 - Dados e valores do balanço energético para o segundo resfriamento...	81
Tabela 21 - Dados das substâncias da reação de fermentação láctica a 298 K.....	82
Tabela 22 - Quantidade de calor liberado na fermentação .....	83
Tabela 23 - Dados e valores do balanço energético para o terceiro resfriamento ....	84
Tabela 24 - Relação entre temperatura ambiente e pressão de saída do R-22.....	84
Tabela 25 - Vazões mássicas de R-22.....	85
Tabela 26 – Dados e valores para o aquecimento da água da hidratação .....	86
Tabela 27 - Dados e valores para o aquecimento da água de trituração .....	86
Tabela 28 - Dados e valores para o trocador de calor dos fermentadores.....	86
Tabela 29 - Vazão mássica de vapor saturado .....	87

Tabela 30 - Diferença de temperatura média logarítmica no primeiro trocador de calor .....	107
Tabela 31 - Diferença de temperatura média logarítmica no segundo trocador de calor .....	108
Tabela 32 - Área de troca térmica dos trocadores de calor.....	108
Tabela 33 - Propriedades das correntes quentes e frias .....	123
Tabela 34 - Vazões mássicas para a coagulação e decantação.....	133
Tabela 35 – Vazões mássicas para a lagoa facultativa.....	137
Tabela 36 - Financiamento BNDES (ano) .....	151
Tabela 37 - <i>Payback</i> do investimento .....	154

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Previsão da área de grãos plantados em mil hectares.....	33
Quadro 2 - Área e produção da soja no Brasil em 2019 .....	35
Quadro 3 – Limites máximos dos parâmetros de aceitação da soja .....	38
Quadro 4 - Informação nutricional do leite de soja .....	46
Quadro 5 - Informação nutricional do iogurte sabor morango .....	48
Quadro 6 - Especificações da balança rodoviária .....	89
Quadro 7 - Especificações da moega .....	90
Quadro 8 - Especificações do silo .....	91
Quadro 9 - Especificações da balança integradora.....	92
Quadro 10 - Especificações da peneira .....	93
Quadro 11 - Especificações da descascadora de soja.....	95
Quadro 12 - Especificações do tanque de hidratação.....	96
Quadro 13 - Especificações do moinho.....	97
Quadro 14 - Especificações do tanque de aquecimento .....	98
Quadro 15 - Especificações da centrífuga filtrante.....	99
Quadro 16 – Especificações do tanque de resfriamento RLG-1B.....	100
Quadro 17 – Especificações do tanque de resfriamento JG-0.5 .....	101
Quadro 18 - Especificações do homogeneizador.....	102
Quadro 19 - Especificações do pasteurizador.....	103
Quadro 20 - Especificações do fermentador .....	104
Quadro 21 - Especificações do tanque de mistura .....	105
Quadro 22 - Especificações do embalador de leite .....	106
Quadro 23 - Especificações do trocador de calor de placas .....	109
Quadro 24 - Especificações do trocador de calor de casco e tubo .....	109
Quadro 25 - Especificações da caldeira GL120KW .....	110
Quadro 26 - Especificações da caldeira GL160KW .....	111
Quadro 27 - Especificações da válvula gaveta.....	112
Quadro 28- Especificações da válvula solenoide .....	113

Quadro 29 - Especificações da bomba helicoidal.....	114
Quadro 30 - Especificações da bomba centrífuga.....	115
Quadro 31 - Especificações do compressor.....	116
Quadro 32 - Especificações da mufla.....	117
Quadro 33 - Especificações da balança industrial.....	117
Quadro 34 - Especificações da balança de precisão .....	118
Quadro 35 - Especificações pHmetro.....	119
Quadro 36 - Especificações condutivímetro .....	120
Quadro 37 - Especificações refratômetro .....	120
Quadro 38 - Especificações da capela de exaustão .....	121
Quadro 39 - Especificações do espectrofotômetro.....	122
Quadro 40 - Especificações do microscópio .....	122
Quadro 41 - Cascata de calor .....	124
Quadro 42 - Fases do CIP .....	129
Quadro 43 - Especificações do Sistema CIP.....	131
Quadro 44 - Valores cinéticos a 20°C .....	137

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADP	Adenosina Bifostato
ADIRPJ	Adicional do Imposto de Renda de Pessoa Jurídica
ASA	<i>American Soybean Association</i>
ATP	Trifosfato de Adenosina
b.s.	Base seca
b.u.	Base úmida
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CIP	<i>Clean-in-Place</i>
COFINS	Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPEL	Companhia Paranaense de Energia Elétrica
CSLL	Contribuição Social sobre o Lucro Líquido
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
EHS	Extrato Hidrossolúvel de Soja
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EUA	Estados Unidos da América
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
IBOPE	Instituto Brasileiro de Opinião Pública e Estatística
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
IDR	Ingestão Diária Recomendada
IOF	Imposto sobre Operações Financeiras
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
IPTU	Imposto Predial e Territorial Urbano
IRPJ	Imposto de Renda de Pessoa Jurídica
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
NAD	Dinucleótido de nicotinamida e adenina

NIH	<i>National Institute of Health</i>
OMS	Organização Mundial da Saúde
PDCAAS	<i>Protein Digestibility-Corrected Amino Acid Score</i>
PFD	<i>Process Flow Diagram</i>
pH	Potencial Hidrogeniônico
PIS	Programa de Integração Social
SAC	Sistema de Amortização Constante
SEAB	Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento
SS	Sólidos Totais em Suspensão
TIR	Taxa Interna de Retorno
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
TS	Total de Sólidos
VCT	Valor Calórico Total
VPL	Valor Presente Líquido

## LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
atm	Atmosfera
cm	Centímetro
cv	Cavalo vapor
$\dot{C}$	Taxa de consumo
$C_p$	Calor específico
°C	Grau Celsius
d	Dia
$\dot{G}$	Taxa de geração
g	Gramma
h	Horas
kg	Quilograma
kcal	Quilocaloria
kJ	Quilojoule
kW	QuiloWatt
K	Kelvin
L	Litro
$\dot{m}$	Vazão mássica
$\dot{m}^S$	Vazão mássica de soja
$\dot{m}^P$	Vazão mássica de proteína
$\dot{m}^G$	Vazão mássica de gordura
$\dot{m}^{CB}$	Vazão mássica de carboidrato
$\dot{m}^{CZ}$	Vazão mássica de cinzas
$\dot{m}^{GB}$	Vazão mássica de grãos bons
$\dot{m}^{GA}$	Vazão mássica de grãos avariados
$\dot{m}^{GV}$	Vazão mássica de grãos verdes



$\dot{m}^{GQ}$	Vazão mássica de grãos quebrados
mg	Miligrama
$\mu\text{g}$	Micrograma
Min	Minuto
mm	Milímetro
MPa	MegaPascal
Pa	Pascal
$\dot{Q}$	Taxa de calor
rpm	Rotações por minuto
R\$	Real
t	Tonelada
US\$	Dólar americano
V	Volt
W	Watt
$\dot{W}$	Taxa de trabalho
$x$	Fração mássica

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	22
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	25
2.1 SOJA.....	25
2.2 HISTÓRIA NO MUNDO .....	25
2.3 HISTÓRIA NO BRASIL.....	26
2.4 MERCADO.....	26
2.5 LEITE DE SOJA.....	27
2.6 IOGURTE DE SOJA .....	28
<b>3 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA</b> .....	29
3.1 MISSÃO.....	29
3.2 VISÃO.....	29
3.3 VALORES.....	29
3.4 LOGOMARCA.....	30
3.5 ORGANOGRAMA.....	30
<b>4 TIPO DE EMPREENDIMENTO</b> .....	32
4.1 JUSTIFICATIVA.....	32
4.2 PANORAMA GLOBAL E REGIONAL DE MERCADO .....	34
4.3 LOCALIZAÇÃO .....	35
<b>5 PROCESSO PRODUTIVO</b> .....	36
5.1 DESCRIÇÃO DOS PROCESSOS .....	38
5.1.1 Recepção, seleção e armazenamento da matéria-prima .....	38
5.1.2 Limpeza dos grãos .....	39
5.1.3 Descascamento, hidratação e trituração .....	40
5.1.4 Tratamento térmico.....	42
5.1.5 Centrifugação e remoção de resíduos.....	42
5.1.6 Resfriamento e adição de sal e açúcar.....	43

5.1.7 Homogeneização.....	44
5.1.8 Pasteurização, resfriamento, armazenagem e embalagem do leite de soja.....	44
5.1.9 Inoculação e fermentação .....	46
9.1 BALANÇA RODOVIÁRIA.....	88
9.2 MOEGA.....	89
9.3 SILO.....	90
9.4 BALANÇA INDUSTRIAL.....	91
5.1.10 Adição de polpa de fruta processada, resfriamento e embalagem do iogurte.....	48
<b>6 LABORATÓRIO DE CONTROLE DE QUALIDADE .....</b>	<b>49</b>
<b>7 BALANÇO DE MASSA DO PROCESSO .....</b>	<b>50</b>
7.1 LIMPEZA.....	51
7.2 DESCASCAMENTO .....	53
7.3 HIDRATAÇÃO .....	56
7.4 TRITURAÇÃO .....	60
7.5 TRATAMENTO TÉRMICO.....	62
7.6 CENTRIFUGAÇÃO E FILTRAÇÃO .....	64
7.7 RESFRIAMENTO, ADIÇÃO DE SAL E AÇÚCAR E HOMOGENEIZAÇÃO.....	66
7.8 PASTEURIZAÇÃO, ARMAZENAGEM E EMBALAGEM DO LEITE E CORRENTE DE LEITE PARA A INOCULAÇÃO .....	68
7.9 INOCULAÇÃO E FERMENTAÇÃO .....	70
7.10 ADIÇÕES FINAIS E EMBALAGEM DO IOGURTE.....	73
<b>8 BALANÇO DE ENERGIA DO PROCESSO.....</b>	<b>76</b>
8.1 HIDRATAÇÃO .....	78
8.2 TRITURAÇÃO .....	79
8.3 TRATAMENTO TÉRMICO.....	80
8.4 RESFRIAMENTO 1 .....	80
8.5 PASTEURIZAÇÃO E RESFRIAMENTO 2.....	81
8.6 FERMENTAÇÃO .....	82
8.7 RESFRIAMENTO 3 .....	83
8.8 BALANÇO DE ENERGIA PARA O LÍQUIDO REFRIGERANTE .....	84
8.9 BALANÇO DE ENERGIA PARA OS TROCADORES DE CALOR .....	85
8.10 BALANÇO DE ENERGIA PARA A CALDEIRA.....	86

9.5 PENEIRA.....	92
9.6 DESCASCADORA DE GRÃOS.....	94
9.7 TANQUES DE HIDRATAÇÃO.....	95
9.8 MOINHO.....	96
9.9 TANQUE PARA TRATAMENTO TÉRMICO.....	97
9.10 CENTRÍFUGA.....	98
9.11 RESFRIADORES.....	99
9.12 HOMOGENEIZADOR.....	101
9.13 PASTEURIZADOR.....	102
9.14 FERMENTADORES.....	104
9.15 TANQUE DE ADIÇÕES FINAIS.....	105
9.16 EMBALADORES.....	106
9.17 TROCADORES DE CALOR.....	107
9.18 CALDEIRA.....	110
9.19 VÁLVULAS.....	111
9.20 BOMBAS E COMPRESSORES.....	113
<b>9 DIMENSIONAMENTO E ESPECIFICAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS.....</b>	<b>88</b>
<b>10 ESPECIFICAÇÕES DE EQUIPAMENTOS LABORATORIAIS.....</b>	<b>116</b>
<b>11 INTEGRAÇÃO ENERGÉTICA.....</b>	<b>123</b>
<b>12 TRATAMENTO DE RESÍDUOS E DE EFLUENTES.....</b>	<b>125</b>
12.1 RESÍDUOS SÓLIDOS.....	125
12.2 ÁGUA RESIDUÁRIA.....	126
12.3 SISTEMA DE LIMPEZA DOS EQUIPAMENTOS.....	129
12.4 VALIDAÇÃO DA LIMPEZA.....	130
<b>13 BLANÇO DE MASSA PARA O TRATAMENTO DE EFLUENTE.....</b>	<b>132</b>
13.1 DIMENSIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS DO TRATAMENTO DE EFLUENTES.....	137
<b>14 DIAGRAMA DE FLUXO DE PROCESSO.....</b>	<b>139</b>
<b>15 LAYOUT E PLANTA BAIXA.....</b>	<b>141</b>
<b>16 ANÁLISE FINANCEIRA.....</b>	<b>149</b>
16.1 INVESTIMENTOS.....	149
16.2 CUSTOS FIXOS.....	150

16.3 CUSTOS VARIÁVEIS .....	150
16.4 CAPITAL DE GIRO .....	150
16.5 FINANCIAMENTO .....	151
16.6 RECEITA E DEDUÇÕES.....	151
16.7 FLUXO DE CAIXA .....	152
16.8 VIABILIDADE ECONÔMICA.....	153
16.9 <i>PAYBACK</i> .....	153
16.10 PONTO DE EQUILÍBRIO.....	154
<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>155</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>157</b>
<b>ANEXO 1 – PROPRIEDADES DA ÁGUA LÍQUIDA.....</b>	<b>172</b>
<b>ANEXO 2 – PROPRIEDADES DO R-22 .....</b>	<b>173</b>
<b>APÊNDICE A – ESCOLHA DAS CORRENTES PARA A ANÁLISE PINCH .....</b>	<b>174</b>
<b>APÊNDICE B – DIAGRAMA DE REDE DE TROCADORES DE CALOR.....</b>	<b>175</b>
<b>APÊNDICE C – INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES DAS CORRENTES DO PFD DA SOY HEALTH .....</b>	<b>176</b>
<b>APÊNDICE D – INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES ANÁLISE FINANCEIRA</b>	<b>179</b>
Apêndice D.1 - Custo de infraestrutura e equipamento .....	180
Apêndice D.2 – Custo fixo e depreciação .....	181
Apêndice D.3 – Folha de pagamento dos funcionários .....	182
Apêndice D.4 – Custo com insumos e energia .....	183
Apêndice D.5 – Receita bruta e tributos .....	184

## 1 INTRODUÇÃO

O conceito de qualidade de vida da Organização Mundial da Saúde (OMS) aborda aspectos referentes à definição de saúde, que relacionam alimentação, atividades físicas, acesso ao sistema de saúde e também fatores como bem-estar físico e mental. Qualidade de vida é então a manutenção da saúde em diferentes níveis e aspectos da vida humana: físico, social, psíquico e espiritual (FLECK, 1999). Uma alimentação saudável, portanto, está diretamente ligada a uma melhora na qualidade de vida pessoal e ao bem-estar do indivíduo, o que reflete também em um aumento de produtividade profissional. A busca por uma dieta relacionada com saúde e qualidade de vida tem levado a um crescimento no interesse das pessoas em consumir alimentos mais saudáveis (GURGEL, 2006).

Segundo a Portaria nº 398, de 30/04/1999, publicada pelo Ministério da Saúde, alimentos funcionais são “os alimentos consumidos como parte de uma dieta usual, que produzem efeitos metabólicos ou fisiológicos e/ou com capacidade de reduzir o risco de doenças crônico–degenerativas, além de suas funções nutricionais básicas” (BRASIL, 1999a).

A busca e o interesse do consumidor em alimentos mais saudáveis estimulam o crescimento do setor industrial de alimentos destinados a este segmento, e promove a inovação e desenvolvimento de novos produtos na indústria alimentícia. A importância da alimentação saudável afeta o indivíduo durante todas as fases da sua vida, abrindo assim espaço para que a indústria de alimentos desenvolva produtos com valores nutricionais destinados a grupos populacionais específicos como: idosos, homens, mulheres, crianças, esportistas, etc. (KATZ, 2000). O interesse comercial do consumidor aponta para produtos vendidos na forma “prontos para consumo” (“*ready to eat*”), ou de preparo rápido. A imagem negativa e incertezas associadas ao uso de remédios e suplementos contribuem para tornar a busca por alimentos funcionais uma escolha popular (RIAZ, 1999).

A soja, além da sua importância socioeconômica mundial, especialmente no Brasil, que atualmente é o 2º maior produtor do grão, atrás apenas dos EUA, se

apresenta como um dos alimentos funcionais mais completos. Segundo Magnoni (2002), a soja pode ser considerada um alimento completo, pois, tem em sua composição proteínas (42%), carboidratos (33%), lipídios (20%), além de vitaminas e sais minerais. A grande quantidade de proteínas presentes na soja é um dos seus maiores atrativos nutricionais. Segundo Hoffman e Falvo (2004), a avaliação de PDCAAS (*Protein Digestibility-Corrected Amino Acid Score*), uma pontuação indo até 1 que representa a porcentagem de aminoácidos indispensáveis fornecido pela proteína, para o grão de soja apresenta resultado de 1, o que representa o valor máximo que um alimento proteico pode atingir por seu conteúdo de aminoácidos utilizados para o crescimento.

A desnutrição proteica é prejudicial principalmente para crianças, causando danos nas capacidades físicas, mentais, imunológicas e reprodutoras das pessoas. A obtenção de alimentos proteicos de origem animal é menos eficiente do que alimentos proteicos de origem vegetal. Desta forma a tendência das indústrias alimentícias é desenvolver produtos com matérias-primas alternativas que possam substituir ou complementar o valor nutricional proteico de seus produtos, e a soja apresenta-se como alternativa relevante pela sua quantidade e qualidade de proteínas (LESCANO, 2009).

A EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, tem desempenhado importante papel no desenvolvimento de novas tecnologias que trouxeram melhorias na qualidade no processo de produção de derivados de soja, como melhorias no sabor, onde tratamentos térmicos dos grãos no processamento eliminam enzimas lipoxigenase, responsáveis por sabor desagradável, e também melhorias no perfil proteico, redução de teores de ácido fítico e outros fatores antinutricionais (CONAB, 2015). A partir dos benefícios da evolução tecnológica do processo, a soja expandiu seu interesse de consumo além do limite de públicos específicos, como vegetarianos ou alérgicos a lactose, fazendo parte de um grande número de alimentos industrializados. A consultoria internacional Nielsen detectou um crescimento no consumo de derivados de soja em vários países, principalmente as bebidas à base de soja (BEHRENS e da SILVA, 2004).

O extrato hidrossolúvel de soja (EHS), popularmente conhecido como leite de soja, bem como seus derivados como o iogurte de soja, vem ganhando espaço na indústria de alimentos devido ao seu alto valor nutritivo. Por não conterem lactose, glúten e colesterol são considerados substitutos ao leite tradicional de vaca, em casos de intolerância à lactose e também para adeptos de dietas vegetarianas, além das suas qualidades nutricionais atrativas, principalmente proteicas (CASÉ et al, 2005). O leite e o iogurte de soja são normalmente aromatizados e suplementados com açúcares, vitaminas e minerais, melhorando assim seus aspectos sensoriais degustativos e valores nutricionais, aumentando sua aceitação no mercado (MORETTI; HINOJOSA, 1981). O iogurte de soja é um produto fermentado que além dos nutrientes naturais presentes na soja, apresenta também microrganismos probióticos que conferem benefícios à saúde do hospedeiro por promoverem um equilíbrio da microbiologia intestinal, melhorando a absorção de nutrientes e aumentando a imunidade contra bactérias patogênicas (FERREIRA, 2003).

Este trabalho objetiva a implantação de uma indústria produtora de leite de soja e iogurte de soja, denominada *Soy Health*, apresentando a empresa e avaliando aspectos econômicos de mercado, bem como descrição das etapas de produção e os balanços de massa.



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 SOJA

O grão de soja é um produto plurivalente, que pode ser consumido de diversas formas, tanto em sua forma in natura, quanto processado na forma de outros produtos como óleo, farinha, lecitina (emulsificante), proteína isolada, concentrada ou texturizada, e também o chamado “leite de soja” (extrato hidrossolúvel de soja) e seus derivados, como tofu e iogurte de soja. Sendo 40% do grão proteína, e por se assemelhar à proteína animal acaba sendo uma boa alternativa nutricional. O grão é rico em vitaminas B1, B2, B3, B5, B6, K, C e E, e minerais como cálcio, potássio, fósforo e ferro. Além das fibras, que compõem 5% do grão e são de extrema importância no processo digestivo (FIESP, 2019). O grão produz um tipo especial de isoflavona, um fitoestrógeno, assim o consumo de produtos derivados de soja está relacionado com a redução do risco de doenças crônicas, sendo indicados durante a gestação, infância, adolescência e pré-menopausa como forma de prevenir o câncer de mama, além das fibras dietéticas que por apresentar baixo índice glicêmico são relevantes para tratamento de obesidade e diabetes (FAVONI et al, 2004).

### 2.2 HISTÓRIA NO MUNDO

A soja tem sua origem nas regiões centrais e norte da China, provavelmente cerca de 5000 anos atrás onde foi citada pelo imperador chinês Shen-nung, que utilizou a soja como alternativa ao abate de animais (APROSOJA, 2019). A soja era uma planta rasteira encontrada ao lado de rios e lagos, chegou nos outros países asiáticos por volta do século III e foi inserida na Europa pelo botânico alemão

Kaempfer no ano de 1712, porém a produção acabou sendo limitada devido a condições climáticas desfavoráveis ao desenvolvimento do grão. (MATEOS-APARICIO et al, 2008). A utilização do grão como matéria-prima para produção de óleo e nutrição animal começou no século XVIII e o cultivo comercial nos primeiros anos do século XX, começando a chamar atenção da indústria no mundo todo, e em 1919 se tornou um item importante para exportação e com a criação da *American Soybean Association* (ASA), um grupo com o intuito de implementar políticas de desenvolvimento, a soja e seus produtos se solidificaram no mercado mundial (APROSOJA, 2019).

### 2.3 HISTÓRIA NO BRASIL

A produção de soja tem início no ano de 1901, com os cultivos na Estação Agropecuária de Campinas. Em 1908, a imigração japonesa se intensifica e com isso o grão acaba sendo encontrado por todo o país (APROSOJA, 2019). No final da década de 60, o Brasil começou a produção de suínos e aves e a demanda por farelo de soja aumentou, e o fato da soja ter um bom plantio para o verão fez com que a produção comercial aumentasse e em 1966, a produção chegava a 500 mil toneladas (EMBRAPA, 2019b). Na década de 70, a soja já era a principal cultura no Brasil chegando a 15 milhões de toneladas em 1979. Nessa época, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) liderou os investimentos do Brasil em novas tecnologias de cultivo, investimentos que levaram a possibilidade de cultivo da soja em climas mais quentes (APROSOJA, 2019).

### 2.4 MERCADO

No Brasil, a soja foi inserida na década de 60, anos após, sua produção comercial se tornou um ponto estratégico na economia do país, atingindo em 1966 uma produção de aproximadamente 500 mil toneladas. Na atualidade, o Brasil é o segundo maior produtor do grão do mundo, ficando atrás apenas dos Estados Unidos.

A produção brasileira de grãos de soja em 2018 alcançou cerca de 114,843 milhões de toneladas de soja (EMBRAPA, 2019a). Projeções do ministério da agricultura mostram que, em 10 anos, o consumo doméstico de soja poderá atingir cerca de 54 milhões de toneladas, o restante do montante é destinado à exportação (MAPA, 2019b).

## 2.5 LEITE DE SOJA

A obtenção do extrato hidrossolúvel de soja, ou “leite de soja”, pode ser descrito em um processo de produção simplificado no qual os grãos de soja, após passarem por uma etapa inicial de limpeza, são macerados e hidratados, sendo em seguida triturados, moídos e aquecidos a 100°C, para então passarem por um processo de filtração que separa o extrato aquoso de seu resíduo insolúvel, chamado *okara* (CALLOU, 2009). Um quilograma de soja rende em média 7 quilogramas de leite de soja (LESCANO, 2009).

Durante o processamento, atividades enzimáticas e reações de oxidação que ocorrem no grão de soja podem promover sabor desagradável ao produto final. Diversas técnicas industriais vêm sendo empregadas com sucesso para minimizar esses aspectos indesejados, como por exemplo inativação da lipoxigenase por tratamento térmico, bem como utilização de variedades de soja livres de lipoxigenases, remoção por evaporação (desodorização) de componentes voláteis formados no extrato aquoso, também as etapas de branqueamento e pasteurização destinadas a promover a desativação enzimática e degradação de microrganismos patogênicos (CALLOU, 2009). A composição química do produto final é diferente dependendo da variedade da matéria-prima utilizada e processamento empregado, porém o produto final deve conter teor proteico equivalente ao do leite de vaca (MERCALDI, 2006).

O produto assim obtido apresenta vantagens nutricionais em relação ao leite de vaca, como a presença de ácidos graxos essenciais (não saturados) e compostos, como ferro, fitoesteróis e lecitina, além de não possuir gorduras saturadas, colesterol

e lactose, a qual grande parte da população é intolerante. Embora possua características nutricionais atrativas, principalmente proteicas, no leite de soja são comumente suplementadas vitaminas e minerais benéficos à saúde (CASÉ et al., 2005).

## 2.6 IOGURTE DE SOJA

De acordo com Lopes (2006, *apud* Metchikoff, 1921), o interesse científico pelos efeitos benéficos no corpo humano associados ao consumo de alimentos fermentados, foram motivados a partir da publicação do livro de Eli Metchnikoff, “*The prolongation of life*”, no qual o autor relata que a implantação no trato gastrintestinal de determinadas bactérias provenientes de produtos fermentados, como *Lactobacillus bulgaricus*, devido à produção de ácido láctico por essas bactérias, proporcionam um meio desfavorável à proliferação de outras bactérias patogênicas.

Microrganismos probióticos, quando consumidos, possuem as propriedades de promoverem um balanço da microbiota intestinal (FERREIRA, 2003), aumentar a absorção de minerais, a resposta do sistema imunológico e diminuir o colesterol (MEYDANI; KIU HA, 2000). Para serem caracterizados como probióticos os microrganismos devem habitar o trato intestinal e exercerem efeito benéfico à saúde do hospedeiro e também estarem viáveis nos alimentos (GILLILAND, 1979).

No preparo do iogurte de soja, é normalmente utilizada uma mistura dos microrganismos probióticos, *Lactobacillus bulgaricus* e *Streptococcus thermophilus*, que se mostram estáveis e atuantes como bioajustadores de pH durante o processo (FERREIRA, 2003).

Assim como o leite de vaca, o extrato de soja é adequado para o crescimento das bactérias lácticas. Os oligossacarídeos, aminoácidos e peptídeos presentes na soja estimulam crescimento microbiano. O extrato de soja é um excelente veículo para os elementos probióticos, já que sua proteína protege o microrganismo da ação de sais biliares, favorecendo a colonização intestinal (SHIMAKAWA, et al. 2003).

A fermentação láctica é responsável pela formação de acetaldeído e de diacetil, que conferem características sensoriais agradáveis ao produto final (YAZICI, 1997). Por esse motivo, o extrato de soja vem sendo utilizado para o preparo de iogurtes, obtendo um produto com boa aceitabilidade e propriedades nutricionais atrativas.

### **3 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA**

A indústria *Soy Health* busca suprir tanto o mercado interno quanto o mercado externo, dessa forma foi dado o nome em inglês, em que *soy* significa soja e *health* significa saúde. *Soy Health* será localizado na cidade de Ponta Grossa, no estado do Paraná e produzirá leite e iogurte de soja.

#### **3.1 MISSÃO**

Levar aos consumidores produtos de origem vegetal de alta qualidade com valores de mesmo ou menor preço que produtos à base de leite, além de propiciar dietas alternativas, nutritivas e que agrade ao paladar do consumidor.

#### **3.2 VISÃO**

Ser uma indústria alimentícia inovadora e de referência nacional e internacional. A *Soy Health* busca ser de confiança tanto para os consumidores quanto para os colaboradores.

#### **3.3 VALORES**

- Ética e transparência: manter informado os clientes, contribuintes, investidores e todos ligados à empresa de maneira mais verdadeira possível;

- Qualidade: produtos fabricados com qualidade superior;
- Inovação: buscar o espírito inovador para sempre ter a excelência e se manter competitiva no mercado;
- Comprometimento: respeito com prazos, entregas, além de sempre seguir todos os valores aqui citados;
- Sustentabilidade: seguir as normas ambientais e manter a responsabilidade frente ao uso de recursos naturais;
- Saúde: produtos pensados na saúde e bem-estar dos consumidores.

### 3.4 LOGOMARCA

A matéria-prima dos produtos da *Soy Health* é a soja, e, portanto, a logomarca apresenta folhas da soja, assim como a cor amarelada e as vagens presentes no 'H' remetendo também ao grão.

Figura 1 - Logomarca da empresa

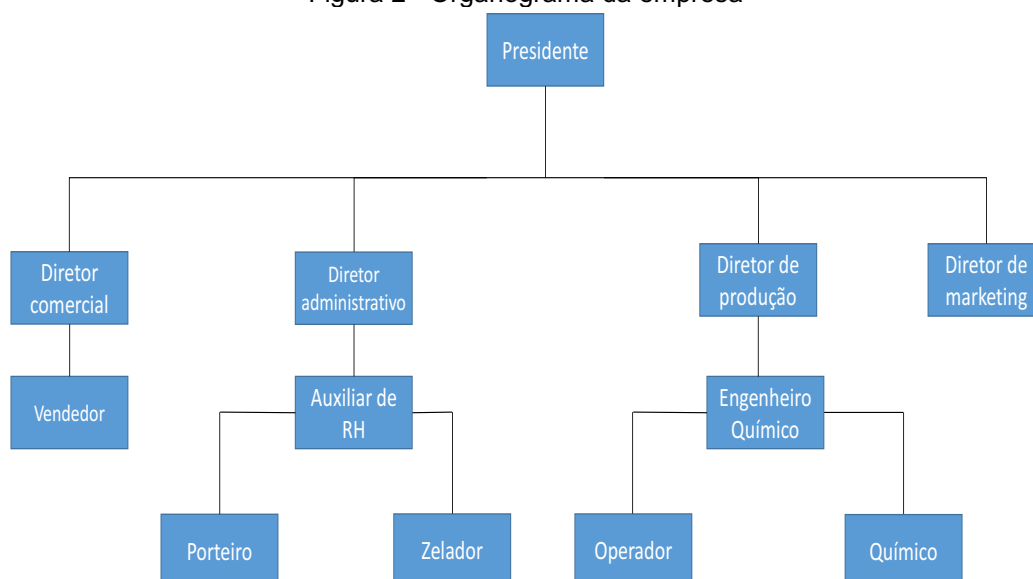


Fonte: Autoria própria, 2019.

### 3.5 ORGANOGRAMA

O organograma da *Soy Health* é apresentado pela Figura 2.

Figura 2 - Organograma da empresa



Fonte: Autoria própria, 2019.

A indústria adaptou conceitos de administração de Fayol, em que é dividida em 6 funções: funções técnicas, comerciais, financeiras, de segurança, contábeis e administrativas (CHIAVENATO, 2003).

O presidente é o principal tomador de decisões, é o responsável último pelas ações da empresa e pelo resultado dos seus esforços (LODI, 1972). Os papéis dos diretores são além de aplicar as decisões na prática, ser aquele que lidera as discussões, promove novas maneiras de pensar e que é o comunicador por excelência de uma organização (TERRA, 2019).

As funções administrativas são as atividades desenvolvidas nas diversas áreas da empresa e para que, assim, essas áreas possam realizar seus propósitos e objetivos no sentido de criar valor para as pessoas e para a sociedade como um todo. Marketing é a área da empresa que busca facilitar a venda de produtos (bens ou serviços) para um comprador (consumidor ou cliente) que busca a satisfação de suas necessidades, desejos e objetivos (GULLO, 2016).

A área comercial é responsável pela distribuição, logística, vendas e serviços de pós-venda da empresa. A área de produção, seguindo as funções técnicas, é responsável pelo desenvolvimento de projetos, engenharia do produto, capacidade de produção em escala, controle de qualidade e manutenção. As funções financeiras e

contábeis foram englobadas sobre a diretoria administrativa e tem por finalidade apurar receitas e os gastos da empresa e estudar a necessidade de investimentos. Por fim, a função segurança e de recursos humanos também foi englobada sob a diretoria administrativa. A área de recursos humanos é responsável pelo recrutamento e seleção de cargos, pela remuneração e pela saúde, segurança e higiene da empresa (GULLO, 2016).

## **4 TIPO DE EMPREENDIMENTO**

### **4.1 JUSTIFICATIVA**

Os produtos da *Soy Health* não contêm lactose. De acordo com o Instituto Nacional de Saúde dos Estados Unidos (NIH), 75% da população mundial tem algum nível de intolerância à lactose. Quanto ao Brasil, segundo a pesquisa do Instituto Datafolha, cerca de 35% da população entrevistada relatou ter intolerância à lactose, porém estima-se que 70% dos brasileiros apresentem essa condição, mas uma grande parte dessas pessoas nem sabem disso (SENSILATTE, 2017).

Bebidas à base de soja responderam por 90% do mercado de bebidas vegetais no Brasil, totalizando cerca de 545 milhões de reais que movimentaram o setor em 2018. Quando se trata de volume de litros comercializados, as bebidas à base de soja se sobressaem ainda mais, representando 95,7% do mercado, sendo consumidos 100,3 milhões de litros de leite de soja no Brasil em 2018 (MILKPOINT, 2018).



A *Soy Health* apresenta-se como uma empresa de médio porte, onde será alimentado 100 kg/h de grãos de soja e produzindo aproximadamente 800 kg/h de leite de soja, sendo 50% destinada a comercialização como leite de soja e 50% destinada a produção de iogurte de soja, totalizando uma produção anual de 6,9 milhões de kg por ano, correspondendo a 6,87% do consumo nacional de bebidas à base de soja, além de subprodutos como casca de soja e okara, que também serão vendidos comercialmente.

Uma pesquisa mostrou que no Brasil entre o período de 2014 a 2018 a oferta de produtos veganos aumentou em 677% e que ainda não bateu a demanda da população. Outra pesquisa aponta que 60% da população consumiria mais produtos veganos se os valores fossem mais acessíveis (FRAGÃO, 2020). Além do fato de que o consumo per capita de iogurte a base de leite é de 3 kg (RIBEIRO; MINIM; MINIM; 2010). Com isso em mente temos a ideia de trazer produtos com o mesmo valor ou mais barato que os a base de leite, e entrando no mercado produzindo 0,6% do valor total de iogurte convencional consumido.

A grande maioria das áreas agrícolas no Brasil são constituídas de plantações de soja, e previsões dos próximos 10 anos indicam que essas plantações ainda se expandirão, como é indicado no Quadro 1.

Quadro 1 - Previsão da área de grãos plantados em mil hectares

	2018/19	2019/20	2020/21	2021/22	2022/23	2023/24	2024/25	2025/26	2026/27	2027/28	2028/29
Arroz	1.697	1.557	1.516	1.425	1.297	1.188	1.092	989	882	777	673
Feijão	2.978	2.853	2.748	2.643	2.538	2.433	2.329	2.224	2.119	2.014	1.909
Milho	17.242	17.366	17.490	17.613	17.737	17.861	17.984	18.108	18.231	18.355	18.479
Soja	35.802	36.678	37.596	38.550	39.513	40.482	41.452	42.424	43.395	44.367	45.339
Trigo	1.974	1.996	2.017	2.038	2.059	2.080	2.101	2.122	2.143	2.165	2.186
<b>Total</b>	<b>59.694</b>	<b>60.450</b>	<b>61.367</b>	<b>62.269</b>	<b>63.144</b>	<b>64.043</b>	<b>64.958</b>	<b>65.867</b>	<b>66.771</b>	<b>67.678</b>	<b>68.586</b>

Fonte: EMBRAPA, 2019.

O Quadro 1 ainda mostra como áreas de plantações de soja são predominantes em comparação com outros grãos.

Em 2018 a produção de grãos de soja no Brasil foi de 114,843 milhões de toneladas (EMBRAPA, 2019a), desse total cerca de 70 milhões de toneladas são exportadas e 45 milhões de toneladas abastecem o mercado interno nacional (CONAB, 2018), destinadas a áreas como a indústria de alimentos, biodiesel e comercialização como farelo de soja.

A soja utilizada no processo produtivo da *Soy Health* será a BRS-232, soja convencional mais produzida no Brasil, que será comprada das associações cooperativas de produtores da região agrícola de Ponta Grossa.

#### 4.2 PANORAMA GLOBAL E REGIONAL DE MERCADO

Segundo o relatório produzido pela companhia *Grand View Research Inc*, é de se esperar que o tamanho do mercado global de leite de soja deve chegar a aproximadamente 12 bilhões de dólares até o ano de 2025. Segundo o relatório, o crescimento se deve ao aumento significativo por produtos que tragam benefícios à saúde. A variedade de leite de soja enriquecido com nutrientes e diversificação de sabores ajudou o produto a ganhar popularidade (MARKET RESEARCH REPORT, 2019).

Espera-se que o setor de sobremesas seja o segmento com maior crescimento, expandindo a uma taxa de crescimento anual de 6,6% de 2019 a 2025. Esse crescimento todo se deve ao aumento da disponibilidade de produtos, como sorvetes, iogurtes, e bebidas não lácteas (MARKET RESEARCH REPORT, 2019).

Países como a Alemanha e Reino Unido estão na vanguarda em investimentos em sobremesas que não são lácteas, devido ao crescente foco da população em alternativas saudáveis (MARKET RESEARCH REPORT, 2019).

No Brasil, o mercado para produtos de origem não animal está em crescimento. Uma pesquisa realizada pelo IBOPE em 2012 mostrava que apenas 8% da população do país se considerava vegetariana. Uma atualização da pesquisa em

2018 mostrou que esse número saltou para 14%, significando que quase 30 milhões de brasileiros são adeptos a esta opção alimentar (IBOPE, 2018).

A pesquisa revela que há empresas e investidores começando a mudar de rumo, com crescentes investimentos no setor de proteínas vegetais e substitutos às carnes, leite e ovos (IBOPE, 2018).

Em capitais como São Paulo, Curitiba e Rio de Janeiro, o número de adeptos ao vegetarianismo sobe para 16% da população. Partindo do exposto, observa-se que existe um mercado promissor para produtos de origem não animal a ser explorado nas regiões citadas (IBOPE, 2018).

### 4.3 LOCALIZAÇÃO

A região sul do Brasil é uma das maiores produtoras de soja como apresentado no Quadro 2.

Quadro 2 - Área e produção da soja no Brasil em 2019

<b>Estado</b>	<b>Área (mi hec)</b>	<b>Produção (mi ton)</b>
Mato Grosso	9,700	32,455
Rio Grande do Sul	5,778	19,187
Paraná	5,438	16,253
Goiás	3,476	11,437

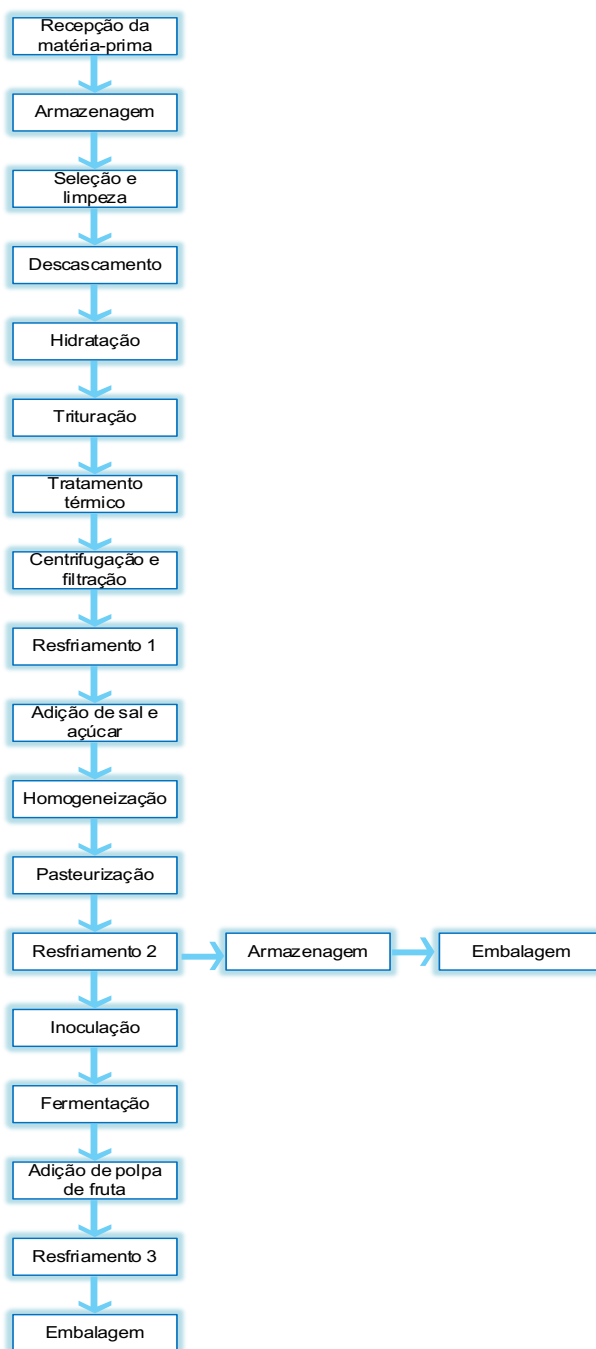
Fonte: CONAB, 2019.

Em relação aos dados apresentados a cidade de Ponta Grossa é a que mais produz soja no estado do Paraná, que de acordo com a SEAB (Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento) ela produziu 2 milhões de toneladas de soja na primeira safra de 2019 (CANAL RURAL, 2019). Portanto, essa cidade se mostrou um forte potencial para sediar a empresa *Soy Health*, por sua alta produção da matéria-prima e por estar em torno de apenas 100 quilômetros de Curitiba que é a maior cidade do Paraná, o que facilita a distribuição e traz um maior número de consumidores.

## **5 PROCESSO PRODUTIVO**

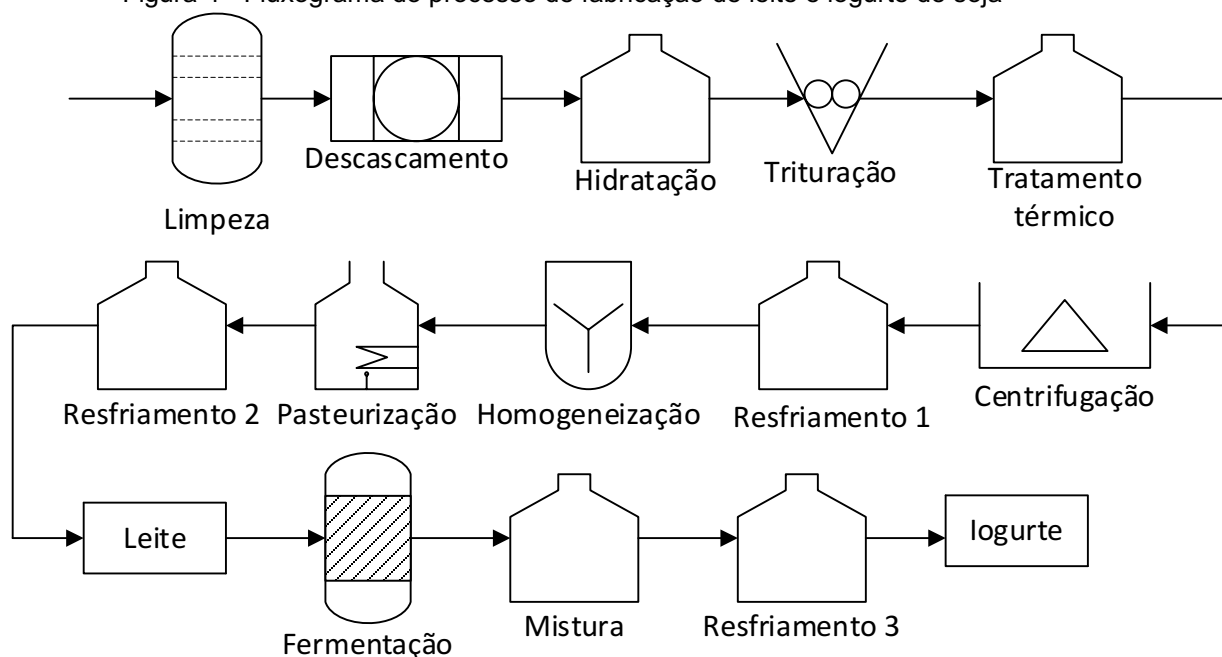
O diagrama de blocos da fabricação do leite de soja e do iogurte de soja é apresentado na Figura 3 e o fluxograma é apresentado na Figura 4.

Figura 3 - Diagrama de blocos do processo de fabricação de leite de soja e iogurte de soja



Fonte: Autoria própria, 2019.

Figura 4 - Fluxograma do processo de fabricação de leite e iogurte de soja



Fonte: Autoria própria, 2020.

## 5.1 DESCRIÇÃO DOS PROCESSOS

### 5.1.1 Recepção, seleção e armazenamento da matéria-prima

O processo de recepção se inicia com a pesagem em balança para quantificar a carga que será entregue. Em seguida, são realizadas análises de amostras dos grãos, para verificar se estão de acordo com parâmetros de qualidade exigidos pela Instrução Normativa nº11 do Ministério da Agricultura (MAPA, 2007), sendo 14% de umidade, 1% de impurezas, 8% de grãos avariados, 10% de grãos verdes e 30% de grãos quebrados. Estes parâmetros são mostrados pelo Quadro 3.

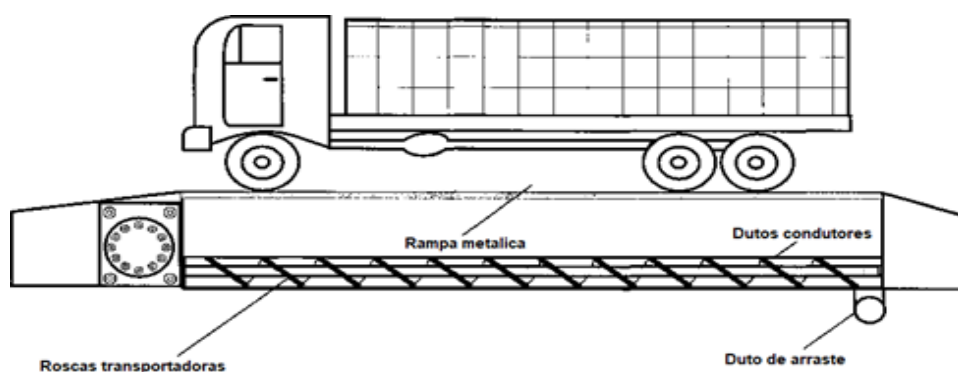
Quadro 3 – Limites máximos dos parâmetros de aceitação da soja

a) Umidade	14,0%
b) Impurezas	1,0%
c) Avariados Totais	8,0%
1) Ardidos e queimados	4,0%
i) Queimados	1,0%
2) Mofados	6,0%
3) Picados	-
d) Esverdeados	8,0%
e) Partidos/Quebrados/Amassados	30,0%

Fonte: Adaptado de APROSOJA, 2019.

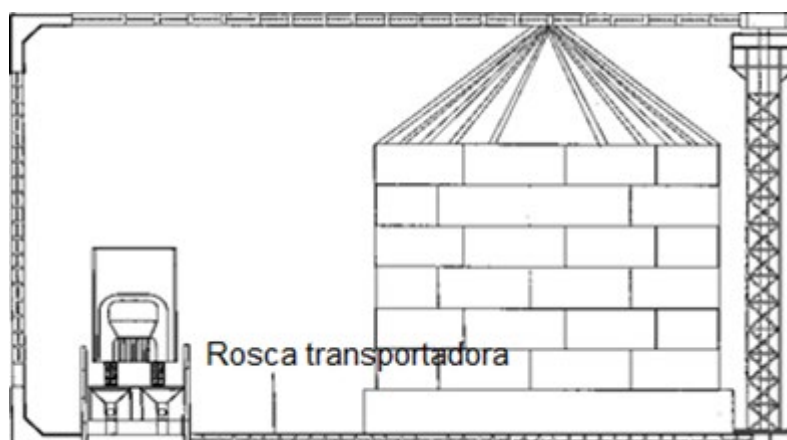
Posteriormente, é realizada a descarga do produto na moega, onde é transportado por roscas transportadoras até o silo de armazenamento. A descarga e armazenamento estão ilustrados na Figura 5 e na Figura 6, respectivamente.

Figura 5 - Moega, vista lateral



Fonte: BERTOLINI, 2005.

Figura 6 - Moega e silo de armazenamento



Fonte: BERTOLINI, 2005.

### 5.1.2 Limpeza dos grãos

A limpeza dos grãos é realizada por um processo de peneiramento, onde são separadas impurezas que possam estar presentes junto aos grãos de soja, como galhos, folhas, pedras, materiais metálicos, cacos de vidro, entre outros. O

equipamento utilizado é uma peneira vibratória, que realiza a separação dos grãos e impurezas, e um exaustor. O equipamento tem capacidade de processamento de até 5 toneladas por hora. A Figura 7 ilustra o equipamento.

Figura 7 - Máquina de Pré-Limpeza Cereais/ PL-250



Fonte: PEROZIN, 2019.

### 5.1.3 Descascamento, hidratação e trituração

Os grãos de soja peneirados seguem então para uma descascadora, Figura 8, para remoção da casca da soja com o objetivo de melhorar o sabor do extrato, pois na casca há compostos que atribuem sabores desagradáveis, como “sabor de fruta verde”, além de prejudicar os processos de hidratação dos grãos, e de centrifugação para separação da parte líquida (leite de soja) e sólida. A casca removida é então separada e pode ser destinada à comercialização para compor ração animal, por apresentar compostos nutricionais como fibras e proteínas.



Figura 8 - Descascadora de grãos



Fonte: MAQLAND, 2015.

Na etapa de hidratação, a soja é colocada em tanques com uma quantidade de água equivalente a 1,5 vezes a massa de matéria-prima que entra no tanque, a uma temperatura de 45°C, durante 4 horas, permitindo a liberação de proteínas e carboidratos no interior dos grãos de soja. (MAPURE; MACHAVA; MOIANE, 2016). A água utilizada na etapa de hidratação será aquecida de 25°C para 45°C, utilizando-se vapor de água em um trocador de calor de placas.

Serão utilizados 6 tanques de hidratação com capacidade referente à vazão mássica de 1 hora de operação, para que o processo ocorra de forma contínua, visto que é necessária 1 hora para encher e 1 hora para esvaziar os tanques. A água de hidratação é então separada e encaminhada para tratamento, e os grãos hidratados seguem para a etapa de trituração.

A trituração ocorre em um moinho, onde é adicionada água quente (80°C), em uma quantidade de até 6 vezes a vazão mássica de grãos de soja hidratados que entram no triturador (COURI et al, 2006). Para aquecer a água de 25°C para 80°C, será utilizado vapor de água em um trocador de calor do tipo casco e tubo. Parte da proteína e outros compostos são então solubilizados, dando origem ao chamado

extrato de soja, e há a presença dos sólidos insolúveis resultantes da trituração dos grãos.

Figura 9 - Moinho



Fonte: KAIQUAN, 2019.

#### 5.1.4 Tratamento térmico

O produto obtido na etapa de trituração é submetido a um tratamento térmico a temperatura de 95°C, onde ocorre a desativação de enzimas responsáveis por promover sabor desagradável, como a enzima lipoxigenase, e também redução de fatores antinutricionais como teores de ácido fítico, que no sistema digestivo impede a absorção de nutrientes essenciais (BENEDETTI; FALCÃO, 2003).

Nesta etapa adiciona-se  $\text{NaHCO}_3$  (bicarbonato de sódio) para regular a acidez e os ácidos livres libertados dos triglicerídeos, que conforma os lipídios contidos na soja (MAPURE; MACHAVA; MOIANE, 2016).

#### 5.1.5 Centrifugação e remoção de resíduos

O produto resultante do tratamento térmico segue para uma centrífuga, (Figura 10), onde são separados os sólidos insolúveis do extrato de soja, seguindo por uma filtração automática e contínua. Essa massa de sólidos insolúveis, conhecido como okara, é retirada do processo, e devido ao seu valor nutricional pode ser destinada à comercialização para produção de carne vegetal, panificação, preparo de bolos e outros alimentos (GRIZOTTO, 2014).

Figura 10 - Centrífuga



Fonte: GEA, 2019.

#### 5.1.6 Resfriamento e adição de sal e açúcar

O leite de soja filtrado é bombeado para tanques de resfriamento, onde são resfriados a 35°C, e é adicionado açúcar (3%) para aprimorar o sabor, e sal (2%) para melhorar estabilidades físico-químicas (MAPURE; MACHAVA; MOIANE, 2016). O tanque de resfriamento está representado na Figura 11.

Figura 11 - Tanque de resfriamento

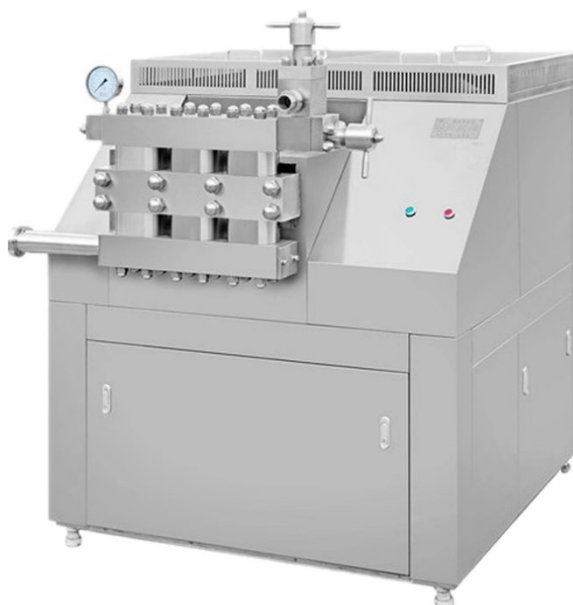


Fonte: SOLUÇÕES INDUSTRIAIS, 2014.

### 5.1.7 Homogeneização

O extrato de soja é homogeneizado a uma pressão de 20 a 25 MPa em um homogeneizador para regular a estabilidade física da gordura reduzindo o seu tamanho, tornando-a mais lisa e consistente. O equipamento é representado na Figura 12.

Figura 12 - Homogeneizador de leite de soja



Fonte: CHAOLI, 2013.

### 5.1.8 Pasteurização, resfriamento, armazenagem e embalagem do leite de soja

O extrato de soja é enviado continuamente dos tanques da homogeneização para o pasteurizador, onde será aquecido entre 100 e 125°C durante 3 segundos (MAPURE; MACHAVA; MOIANE, 2016). Nesta fase, os microrganismos patogênicos são eliminados devido ao calor e é desativado o fator inibidor de tripsina, que age ligando-se às enzimas tripsina produzidas pelo pâncreas, prejudicando assim a digestão de proteínas no organismo (BERTOLDO, 2009). Os processos são realizados em tanques herméticos a fim de evitar contaminação. O extrato de soja produzido é então resfriado a 45°C, e parte do produto destinado a venda como leite de soja segue para armazenamento e posteriormente para a etapa de embalagem, enquanto a outra parte do extrato segue para o processo de produção do iogurte de soja.

Figura 13 - Pasteurizador



Fonte: NANCHENG, 2016.

A embalagem do leite será de 1 litro, mostrada na Figura 14.

Figura 14 - Embalagem do leite Soy Health



Fonte: Autoria própria, 2020.

A informação nutricional, baseada em uma dieta de 2.000 kcal ou 8.400 KJ, do leite de soja *Soy Health* está disposta no Quadro 4 (valores calculados pelo balanço de massa).

Quadro 4 - Informação nutricional do leite de soja

INFORMAÇÃO NUTRICIONAL		
Porção de 200 ml (1 copo)		
	Quantidade por porção	%VD (*)
Valor Energético	108 kcal = 452 kJ	5,4
Carboidratos	5,52 g	2,3
Proteínas	6,85 g	9,6
Gorduras Totais	3,8 g	7,3
Gorduras Saturadas	0,8 g	3,4
Gorduras monoinsaturadas	1,1 g	**
Gorduras poli-insaturadas	1,8 g	**
Sódio	380 mg	15
Zinco	1,3 mg	18,9
Vitamina A	175 µg	29
Vitamina B6	0,2 mg	15,4
Vitamina B12	1,3 mg	54
Vitamina D	2,5 µg	50
Vitamina E	2,4 µg	24

Fonte: Autoria própria, 2020.

### 5.1.9 Inoculação e fermentação

Após o resfriamento, o extrato de soja destinado à produção de iogurte segue para os tanques de fermentação, onde é adicionado o fermento constituído pelos microrganismos *Lactobacillus bulgaricus* e *Streptococcus thermophilus*. Segundo Mapure, Machava e Moiane (2016), o extrato deve ser fermentado a 45°C de 6 a 8 horas atingindo um pH de 4,06. Os fermentadores utilizados serão encamisados de modo que haja um fluxo interno de água para controlar o aquecimento provocado pela reação exotérmica de fermentação, mantendo a temperatura a 45°C. A fermentação láctica consiste no consumo de glicose pelos microrganismos para a formação de ácido pirúvico, e redução deste em ácido láctico.

Figura 15 - Fermentador



Fonte: Czech Brewery System, 2019.

Para a produção do iogurte na *Soy Health*, será considerado um tempo de fermentação de 6 horas. Desta forma, serão utilizados 9 fermentadores, onde cada um terá capacidade para receber uma quantidade referente à vazão mássica de uma hora do processo. Assim, após 7 horas de operação, quando o sétimo tanque for cheio, o primeiro tanque terá finalizado o processo de 6 horas de fermentação, e o produto fermentado deste tanque será então retirado durante 1 hora referente a vazão

mássica, e pode então seguir para a próxima etapa de adição de polpa, resfriamento e embalagem. Sequencialmente, com um tanque extra o primeiro tanque passará por uma limpeza e então será novamente alimentado com a quantidade mássica de 1 hora do processo, e nesse período o produto do segundo tanque terá finalizado a fermentação. O procedimento é equivalente para todos os 9 tanques. Desta forma é executado o processo de alimentação, fermentação e obtenção do produto para todos os tanques, de forma contínua.

#### 5.1.10 Adição de polpa de fruta processada, resfriamento e embalagem do iogurte

Em um processo de homogeneização e mistura, é adicionada polpa de fruta processada (no caso, de morango) para dar este sabor ao iogurte, e então resfriado a 8°C, e por fim é embalado em embalagens plásticas contendo 400 gramas.

Figura 16 - Embalagem iogurte de soja Soy Health



Fonte: Autoria própria, 2020.

A informação nutricional, baseada em uma dieta de 2.000 kcal ou 8.400 kJ, do iogurte de soja da *Soy Health* está disposta no Quadro 5 (valores calculados pelo balanço de massa).

Quadro 5 - Informação nutricional do iogurte sabor morango



INFORMAÇÃO NUTRICIONAL		
Porção de 100 ml (1 copo)		
	Quantidade por porção	%VD (*)
Valor Energético	81 kcal = 339 kJ	5,4
Carboidratos	1,56 g	2,3
Proteínas	3,3 g	9,6
Gorduras Totais	1,81 g	7,3
Gorduras Saturadas	0,2 g	3,4
Gorduras monoinsaturadas	0,5 g	**
Gorduras poli-insaturadas	1,11 g	**
Sódio	150 mg	15
Fibra alimentar	60 mg	0,25

Fonte: Autoria própria, 2020.

## 6 LABORATÓRIO DE CONTROLE DE QUALIDADE

A *Soy Health* conta com dois laboratórios de controle de qualidade, onde realizam análises que configuram ao produto final, uma qualidade excepcional. Com amostragens da matéria-prima, no primeiro laboratório é realizada análise do grau de impureza e a verificação da quantidade de grãos avariados, mofados, picados, esverdeados e amassados.

A partir da etapa de trituração da soja, em um segundo laboratório são realizadas análises físico-químicas englobando a determinação do pH, acidez titulável, densidade, viscosidade, quantidade de sólidos solúveis (°Brix), composição centesimal, valor calórico total (VCT) e determinação da consistência. São realizadas análises biológicas para a determinação de mesófilos totais, coliformes totais, coliformes termotolerantes, bolores e leveduras (UMBELINO, 2001; ALMEIDA, 2015).

## 7 BALANÇO DE MASSA DO PROCESSO

Considerando o princípio da conservação de massa, o balanço material é descrito de acordo com Equação 1.

$$\frac{dm}{dt} = \sum \dot{m}_e - \sum \dot{m}_s + \dot{G} - \dot{C} \quad (1)$$

em que:

$\frac{dm}{dt}$  é o acúmulo de massa no sistema;

$\sum \dot{m}_e$  e  $\sum \dot{m}_s$  são os somatórios das vazões mássicas de entrada e de saída, respectivamente;

$\dot{G}$  e  $\dot{C}$  são as vazões mássicas de geração e consumo quando se tem reação química.

A Equação 1 em estado estacionário é utilizada para o processo fermentativo para obtenção do iogurte, pois tem reação química, porém na grande maioria do

processo foi considerado que não há acúmulo de massa e nem reações químicas, dessa maneira o balanço de massa é reduzido para a Equação 2:

$$\sum \dot{m}_e = \sum \dot{m}_s \quad (2)$$

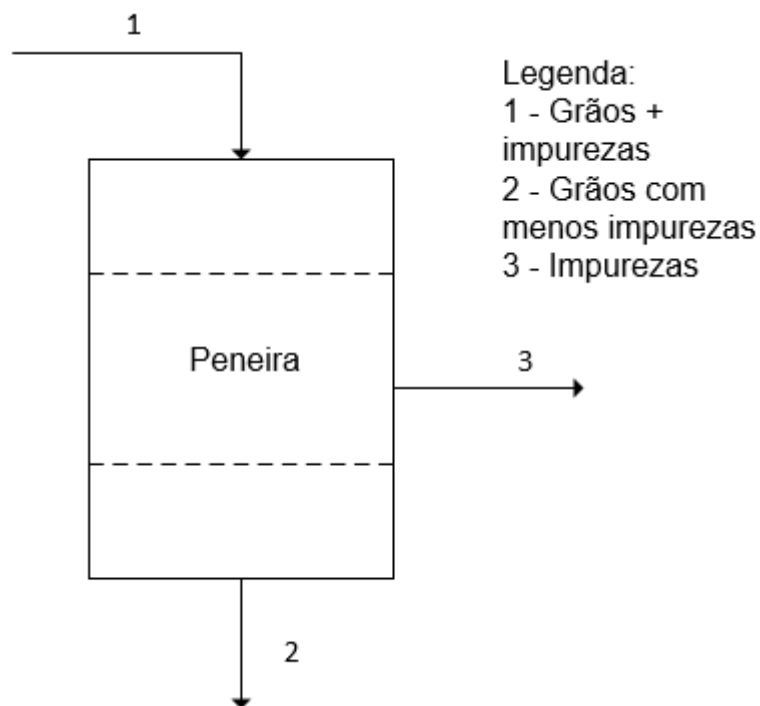
O balanço de massa para a produção de leite de soja e iogurte de soja são descritos acompanhado das considerações adotadas.

## 7.1 LIMPEZA

Para o recebimento e armazenamento dos grãos de soja, é feito a seleção da matéria-prima de acordo com a Instrução Normativa nº11, mostrada no Quadro 3. De acordo com dados avaliados no recebimento de uma carga de soja pela empresa Aprosoja, onde foi medido que o grau de impurezas na carga era de 1,2% (CANAL RURAL, 2017), considerou-se a quantidade de impurezas avaliadas nos grãos seja de 1,5%, e assim é feito a etapa de peneiramento para adequar a quantidade de impurezas a 1%, de acordo com as normas.

Considera-se que a vazão mássica de alimentação do processo de peneiramento seja de 100 kg de grãos de soja por hora.

Figura 17 – Correntes para a peneira



Fonte: Autoria própria, 2019.

Partindo da Equação 2, o balanço de massa global é:

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 + \dot{m}_3 \quad (3)$$

O balanço por componentes dos grãos avariados, grãos verdes, grãos quebrados e umidade é mostrado pela Equação 4, enquanto o balanço por componente para as impurezas é mostrado pela Equação 5.

$$x_1 \dot{m}_1 = x_2 \dot{m}_2 \quad (4)$$

$$x_1 \dot{m}_1 = x_2 \dot{m}_2 + x_3 \dot{m}_3 \quad (5)$$

Os dados de balanço de massa para a limpeza são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Fração e vazões mássicas das correntes da peneira

Corrente	1	2	3
----------	---	---	---

<b>Componentes</b>	Fração	Vazão (kg/h)	Fração	Vazão (kg/h)	Fração	Vazão (kg/h)
Grãos bons	0,3650	36,5000	0,3669	36,5000	0,0000	0,0000
Avariados	0,0800	8,0000	0,0804	8,0000	0,0000	0,0000
Verdes	0,1000	10,0000	0,1005	10,0000	0,0000	0,0000
Quebrados	0,3000	30,0000	0,3015	30,0000	0,0000	0,0000
Umidade	0,1400	14,0000	0,1407	14,0000	0,0000	0,0000
Impureza	0,0150	1,5000	0,0100	0,9949	1,0000	0,5051
<b>Total</b>	<b>1,0000</b>	<b>100,0000</b>	<b>1,0000</b>	<b>99,4949</b>	<b>1,0000</b>	<b>0,5051</b>

Fonte: A autoria própria, 2019.

Assim tem-se a Corrente 1 de alimentação entrando na peneira a 100 kg/h, a Corrente 2 de saída de 99,4949 kg/h, que segue para a etapa de descascamento, e a Corrente 3 de saída de 0,5051 kg/h de impurezas.

## 7.2 DESCASCAMENTO

A entrada do descascador é a corrente 2, admitindo que a soma das vazões mássicas dos grãos bons ( $\dot{m}^{GB}$ ), avariados ( $\dot{m}^{GA}$ ), verdes ( $\dot{m}^{GV}$ ) e quebrados ( $\dot{m}^{GQ}$ ) é o valor da vazão mássica da soja ( $\dot{m}^S$ ) (Equação 6).

$$\dot{m}_2^S = \dot{m}_2^{GB} + \dot{m}_2^{GA} + \dot{m}_2^{GV} + \dot{m}_2^{GQ} \quad (6)$$

Dessa maneira, a Tabela 2 mostra a entrada do descascador com os componentes de entrada sendo a soja, umidade e impureza.

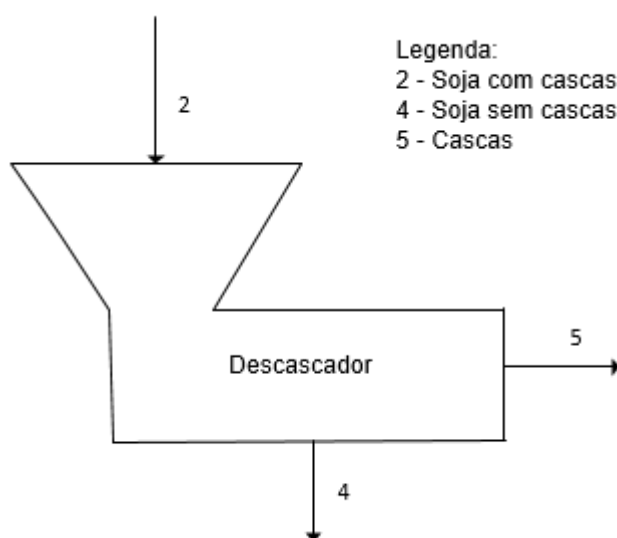
Tabela 2 - Frações e vazões mássicas da corrente de entrada do descascador

<b>Corrente 2</b>		
<b>Componentes</b>	Fração	Vazão (kg/h)
Soja	0,8493	84,5
Umidade	0,1407	14
Impureza	0,0100	0,9949
<b>Total</b>	<b>1,0000</b>	<b>99,4949</b>

Fonte: A autoria própria, 2019.

A representação das correntes é mostrada pela Figura 18.

Figura 18 – Correntes para o descascador



Fonte: Autoria própria, 2019.

Perkins (1995) estudou a composição da soja em base seca e os resultados obtidos são mostrados na Tabela 3.

Tabela 3 - Composição da soja em base seca

Componentes	Total (%)	Proteína (%)	Gordura (%)	Cinzas (%)	Carboidratos (%)
Soja	100	40,3	21	4,9	33,9
Cotilédone	90,3	42,8	22,8	5	29,4
Casca	7,3	8,8	1	4,3	85,9
Hipocotilédone	2,4	40,8	11,4	4,4	43,4

Fonte: Adaptado de Perkins, 1995.

Essas frações estão em base seca ( $x^{BS}$ ), para encontrar a fração em base úmida ( $x^{BU}$ ) utiliza a Equação 7.

$$x^{BU} = \frac{x^{BS} \cdot \text{Massa seca}}{\text{Massa total}} \quad (7)$$

A partir de agora é interessante representar as correntes em função de proteínas ( $\dot{m}^P$ ), gorduras ( $\dot{m}^G$ ), carboidratos ( $\dot{m}^{CB}$ ) e cinzas ( $\dot{m}^{CZ}$ ). A soma dessas vazões mássicas compõe a vazão mássica da soja com a casca (Equação 8).

$$\dot{m}^S = \dot{m}^P + \dot{m}^G + \dot{m}^{CB} + \dot{m}^{CZ} \quad (8)$$

Na Tabela 3, verifica-se que a fração mássica de casca na soja é de 7,3% em base seca, utilizando a Equação 7 para transformar para fração mássica em base úmida, encontra-se o valor de 6,20% de casca úmida na corrente de entrada do descascador, como existe apenas casca úmida na corrente 5 é possível calcular a vazão mássica dessa corrente.

Com o auxílio da Tabela 3 foram calculadas as frações dos componentes da casca e com as Equações 9 a 11 foi calculado o restante.

Balanço de massa global:

$$\dot{m}_2 = \dot{m}_4 + \dot{m}_5 \quad (9)$$

O balanço de massa por componentes para a proteína, gordura, carboidrato, cinzas e umidade é representado pela Equação 10 e para as impurezas Equação 11.

$$x_2 \dot{m}_2 = x_4 \dot{m}_4 + x_5 \dot{m}_5 \quad (10)$$

$$x_2 \dot{m}_2 = x_4 \dot{m}_4 \quad (11)$$

Os valores das frações e vazões das correntes em função dos componentes da soja e da casca estão mostrados na Tabela 4.

Tabela 4 - Frações e vazões mássicas do descascador com mais componentes

Corrente	2		4		5	
	Fração	Vazão (kg/h)	Fração	Vazão (kg/h)	Fração	Vazão (kg/h)
Proteína	0,3423	34,0535	0,3599	33,5871	0,0756	0,4664
Gordura	0,1784	17,7450	0,1896	17,6920	0,0086	0,0530
Carboidrato	0,2879	28,6455	0,2582	24,0923	0,7381	4,5532
Cinzas	0,0408	4,0560	0,0410	3,8281	0,0369	0,2279
Impureza	0,0100	0,9949	0,0107	0,9949	0,0000	0,0000
Umidade	0,1407	14,0000	0,1407	13,1320	0,1407	0,8680
<b>Total</b>	1,0000	99,4949	1,0000	93,3264	1,0000	6,1685

Fonte: Autoria própria, 2019.

A Corrente 2 entra no descascador a uma vazão de 99,4949 kg/h, a Corrente 4 sai do descascador com uma vazão de 93,3264 kg/h de soja sem casca, em que

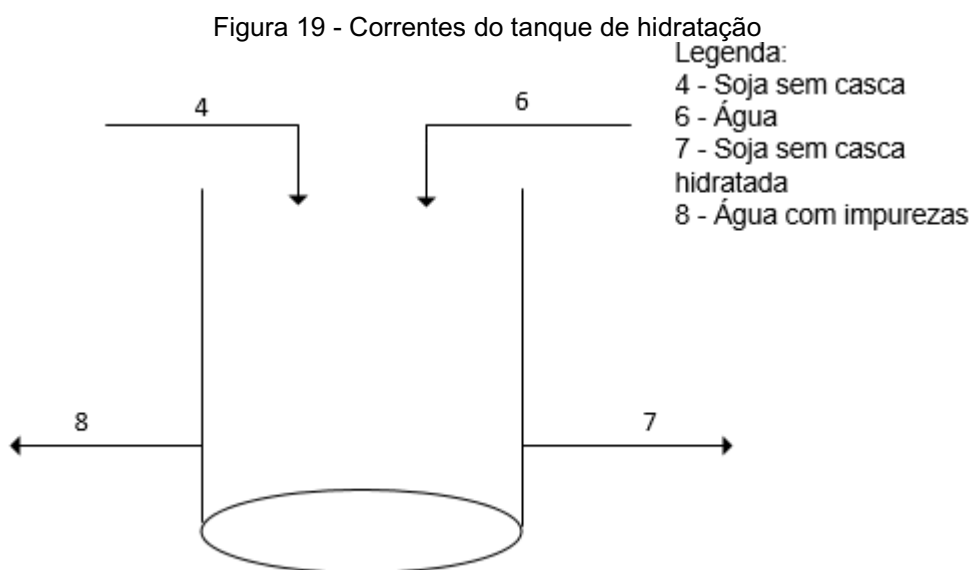
segue para etapa de hidratação, e a Corrente 5 de saída de 6,1685 kg/h de cascas de soja removidas.

### 7.3 HIDRATAÇÃO

É adicionada uma corrente com vazão mássica de água igual a 1,5 vezes a vazão mássica da corrente de matéria-prima que entra no tanque de hidratação. Dessa maneira a vazão mássica de água ( $\dot{m}_6$ ) é calculada pela Equação 12.

$$\dot{m}_6 = 1,5 \cdot \dot{m}_4 \quad (12)$$

As correntes de entrada e de saída do tanque de hidratação são mostradas na Figura 19.



Fonte: Autoria própria, 2019.

Peleg (1988) propôs um modelo empírico, apresentado na Equação 13, que descreve a absorção de água em grãos e cereais em função do tempo.

$$x_7^{US}(t) = x_4^{US} + \frac{t}{(K_1 + K_2 t)} \quad (13)$$



em que  $x_4^{US}$  é a umidade da corrente 4 em base seca,  $x_7^{US}(t)$  é a umidade em base seca após a hidratação,  $t$  é o tempo de hidratação em minutos e  $K_1$  e  $K_2$  são constantes do modelo, cuja unidade utilizada foi de  $\text{min}^{-1}$  e  $\text{L} \cdot \text{kg}^{-1}$  respectivamente.

A umidade em base seca é calculada conforme a Equação 14.

$$x^{US} = \frac{\text{Massa água (umidade)}}{\text{Massa Soja-Massa água (umidade)}} \quad (14)$$

Porém, devido as unidades das constantes utiliza-se o volume da água (umidade) como numerador para o cálculo de  $x^{US}$ .

$$x^{US} = \frac{\text{Volume água (umidade)}}{\text{Massa Soja seca}} \quad (15)$$

Para o cálculo de  $x_4^{US}$ :

$$x_4^{US} = \frac{\dot{V}_4^{US}}{\dot{m}_4^S} \quad (16)$$

Segundo Haynes (2016) na temperatura de 45°C e pressão 1 atm, a massa específica da água é de  $0,990 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$ . A vazão volumétrica de água (umidade) da corrente 4 é calculada pela divisão entre a vazão mássica e a massa específica de água, resultando em um valor de 13,264 L. Para calcular a umidade da corrente 4 em base seca utilizou da Equação 16:

$$x_4^{US} = \frac{13,264 \text{ L}}{79,199 \text{ kg}} = 0,1675 \frac{\text{L de água}}{\text{kg de massa seca}}$$

Para calcular a fração em base seca após a hidratação necessita-se das constantes  $K_1$  e  $K_2$ . Essas constantes foram calculadas por Fracasso (2011) e são mostradas na Tabela 5 de acordo com a variação da temperatura e do tipo de soja.

Tabela 5 - Constantes de Peleg para soja em diferentes temperaturas

A7321 <sup>(7)</sup>	25°C	35°C	45°C	55°C	65°C	Média
R <sup>2</sup>	0,998	0,996	0,998	0,992	0,995	0,996
K <sub>1</sub>	102,500	69,714	41,185	16,996	18,469	49,773
K <sub>2</sub>	0,658	0,596	0,648	0,716	0,675	0,659
D.Mario <sup>(7)</sup>						
R <sup>2</sup>	0,997	0,998	0,995	0,999	0,997	0,997
K <sub>1</sub>	81,188	47,930	39,571	17,403	14,948	40,208
K <sub>2</sub>	0,722	0,683	0,640	0,715	0,724	0,697
CD 231 <sup>(7)</sup>						
R <sup>2</sup>	0,998	0,999	0,993	0,998	0,993	0,996
K <sub>1</sub>	80,121	57,711	42,955	30,885	20,473	46,429
K <sub>2</sub>	0,694	0,640	0,666	0,584	0,645	0,646
CD 206						
R <sup>2</sup>	0,995	0,996	0,996	0,998	0,995	0,996
K <sub>1</sub>	88,588	59,795	45,568	30,393	22,046	49,278
K <sub>2</sub>	0,681	0,627	0,635	0,750	0,678	0,674
CD 215						
R <sup>2</sup>	0,996	0,987	0,999	0,998	0,995	0,995
K <sub>1</sub>	96,944	110,580	46,454	16,073	21,702	58,350
K <sub>2</sub>	0,687	0,592	0,603	0,666	0,657	0,641
BRS 232						
R <sup>2</sup>	0,995	0,999	0,994	0,988	0,994	0,990
K <sub>1</sub>	97,802	63,201	42,618	21,754	20,919	49,258
K <sub>2</sub>	0,676	0,640	0,666	0,614	0,602	0,640

Fonte: Fracasso, 2011.

Segundo a EMBRAPA, a soja BRS 232 é a soja convencional mais predominante no solo brasileiro, dessa maneira foi utilizado essa variedade da soja nos produtos da *Soy Health*. De acordo com a *SOYDAIRY* (2019) a hidratação da soja deve ser feita de 4 a 12 horas dependendo da temperatura. A hidratação ocorre mais rapidamente de acordo com a temperatura, portanto foi adotado 4 horas de hidratação a uma temperatura de 45°C, dessa maneira a hidratação ocorre rapidamente e a temperatura não é tão alta a ponto de prejudicar a principal função da hidratação que é a ativação de enzimas.

Utilizando a Equação 13 com os valores de  $K_1$  e  $K_2$  sendo respectivamente  $42,618 \text{ min}^{-1}$  e  $0,614 \text{ L.kg}^{-1}$  e o tempo de 240 minutos:

$$x_7^{US}(t) = 0,1675 + \frac{240}{(42,618+0,614.240)} = 1,4308 \frac{\text{L de água}}{\text{Kg de massa seca}}$$

Da Equação 15, o volume de água (umidade) após a hidratação é de 113,3177 L e com a massa específica encontra-se a massa de umidade igual a 112,1845 kg.

Segundo Pan (2003) a soja perde entre 1% e 10% de sólido na hidratação, na sua maioria carboidratos (rafinose e estaquiose) e proteína. Na condição de 45°C e um tempo de 4 horas, adotou-se uma perda de 2% de carboidratos e 1% de proteína.

Com a permanência de 97% da massa seca, calcula-se a umidade em base úmida ( $x_7^U$ ) pela Equação 17.

$$x_7^U = \frac{\text{Massa água (umidade)}}{\text{Massa água (umidade)} + \text{Massa seca}} \quad (17)$$

$$x_7^U = \frac{112,1845}{112,1845 + (79,199) * 0,97} = 0,5932$$

As Equações 18 a 22 foram utilizadas para o cálculo do balanço de massa para o tanque de hidratação, considerando que seja composta apenas de água na corrente 6 e na corrente 8 composta de água, impurezas e os sólidos perdidos.

Balanço de massa global:

$$\dot{m}_4 + \dot{m}_6 = \dot{m}_7 + \dot{m}_8 \quad (18)$$

Balanço de massa por componente:

$$x_4^i \dot{m}_4 + x_6^i \dot{m}_6 = x_7^i \dot{m}_7 + x_8^i \dot{m}_8 \quad (19)$$

em que o sobrescrito  $i$  refere-se a cada componente presente na corrente (proteínas, carboidratos, cinzas, umidade, gordura, impureza e água).

As frações mássicas e as vazões mássicas de cada componente das correntes no tanque de hidratação são mostradas na Tabela 6.

Tabela 6 - Frações e vazões mássicas das correntes do tanque de hidratação

<b>Corrente</b>	<b>4</b>		<b>6</b>		<b>7</b>		<b>8</b>	
<b>Componentes</b>	Fração	Vazão (kg/h)	Fração	Vazão (kg/h)	Fração	Vazão (kg/h)	Fração	Vazão (kg/h)
Proteína	0,3599	33,5871	0,0000	0,0000	0,1736	32,8307	0,0171	0,7564
Gordura	0,1896	17,6920	0,0000	0,0000	0,0936	17,6920	0,0000	0,0000
Carboidrato	0,2582	24,0923	0,0000	0,0000	0,1194	22,5796	0,0342	1,5127
Cinzas	0,0410	3,8281	0,0000	0,0000	0,0202	3,8281	0,0000	0,0000
Impureza	0,0107	0,9949	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0225	0,9949
Umidade	0,1407	13,1320	0,0000	0,0000	0,5932	112,1845	0,0000	0,0000
Água	0,0000	0,0000	1,0000	139,9897	0,0000	0,0000	0,9262	40,9372
<b>Total</b>	<b>1,0000</b>	<b>93,3264</b>	<b>1,0000</b>	<b>139,9897</b>	<b>1,0000</b>	<b>189,1149</b>	<b>1,0000</b>	<b>44,2012</b>

Fonte: Autoria própria, 2019.

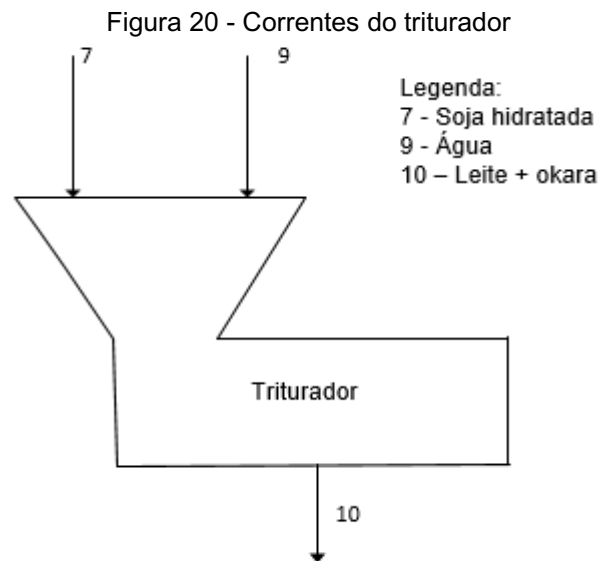
A Corrente 4 contendo soja descascada entra na etapa de hidratação a 93,3264 kg/h, e também há a adição da Corrente 6 de 139,9897 kg/h de água. A Corrente 7 de 189,1149 kg/h contendo soja hidratada segue para etapa de trituração e a Corrente 8 de saída de 44,2012 kg/h contendo água com impurezas que é encaminhada para o tratamento de efluentes.

#### 7.4 TRITURAÇÃO

Segundo Akintunde (2002) a quantidade de água para a trituração deve ser de aproximadamente 4 a 6 vezes a quantidade de soja hidratada, adotou-se o valor de 4 vezes.

$$\dot{m}_9 = 4 \cdot \dot{m}_7 \quad (20)$$

A Figura 20 representa as correntes para o triturador.



Fonte: Autoria própria, 2019.

O balanço de massa para o triturador utiliza das Equações 21 e 22.

Balanço de massa global:

$$\dot{m}_7 + \dot{m}_9 = \dot{m}_{10} \quad (21)$$

A Equação 22 mostra o balanço de massa para componentes:

$$x_4^j \dot{m}_4 + x_7^j \dot{m}_7 = x_8^j \dot{m}_8 + x_{10}^j \dot{m}_{10} \quad (22)$$

em que o sobrescrito  $j$  refere-se a cada componente presente nas correntes (proteínas, carboidratos, cinzas, umidade, gordura, impureza e água).

Os valores das frações e vazões mássicas se encontram na Tabela 7.

Tabela 7 - Frações e vazões mássicas do triturador

<b>Corrente</b>	<b>7</b>		<b>9</b>		<b>10</b>	
<b>Componentes</b>	Fração	Vazão (kg/h)	Fração	Vazão (kg/h)	Fração	Vazão (kg/h)
Proteína	0,1736	32,8307	0,0000	0,0000	0,0347	32,8307
Gordura	0,0936	17,6920	0,0000	0,0000	0,0187	17,6920
Carboidrato	0,1194	22,5796	0,0000	0,0000	0,0239	22,5796
Cinzas	0,0202	3,8281	0,0000	0,0000	0,0040	3,8281
Impureza	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Umidade	0,5932	112,1845	0,0000	0,0000	0,1186	112,1845
Água	0,0000	0,0000	1,0000	756,4597	0,8000	756,4597
<b>Total</b>	<b>1,0000</b>	<b>189,1149</b>	<b>1,0000</b>	<b>756,4597</b>	<b>1,0000</b>	<b>945,5747</b>

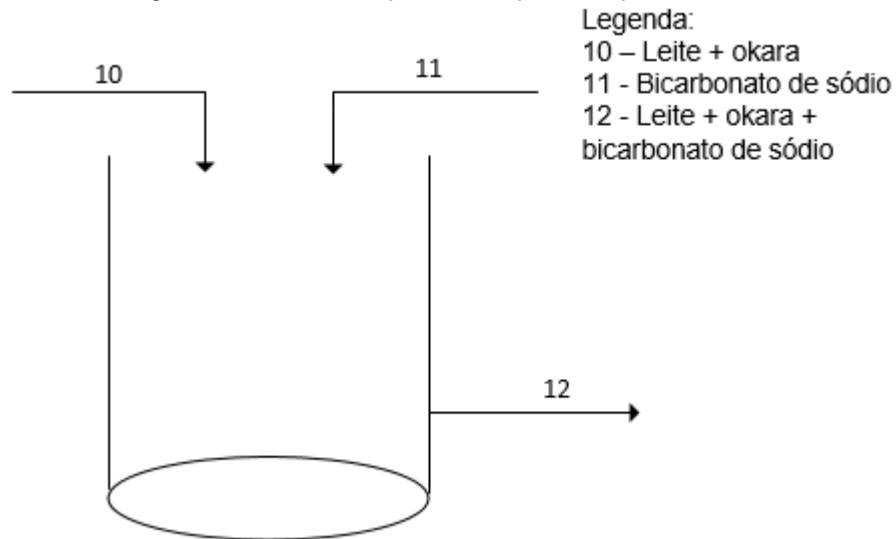
Fonte: Autoria própria, 2019.

A corrente de água com um valor de vazão mássica de 756,4 kg/h representa 4 vezes o valor da massa de soja, totalizando na corrente 10, o valor de 945,6 kg/h

## 7.5 TRATAMENTO TÉRMICO

Segundo Ha e colaboradores (1992) no tratamento térmico deve ser adicionado 0,25 % de bicarbonato de sódio em relação à massa de água quente adicionada na trituração. A solubilidade do bicarbonato de sódio em água na temperatura de 60°C é de 16,4 g/100 ml de água (MAKENI CHEMICALS, 2005). Dessa maneira todo o bicarbonato de sódio fica diluído na água. A Figura 21 representa as correntes do tratamento térmico.

Figura 21 - Correntes para o tanque de aquecimento



Fonte: Autoria própria, 2019.

Utiliza-se das Equações 23 a 25 para o cálculo do balanço de massa para o tanque de aquecimento.

Balanço de massa global:

$$\dot{m}_{10} + \dot{m}_{11} = \dot{m}_{12} \quad (23)$$

Balanço de massa para proteína, gordura, carboidrato, cinzas, umidade e água (Equação 24) e balanço de massa para o bicarbonato de sódio (Equação 25):

$$x_{10} \dot{m}_{10} = x_{12} \dot{m}_{12} \quad (24)$$

$$x_{11}^{NaHCO_3} \dot{m}_{11} = x_{12}^{NaHCO_3} \dot{m}_{12} \quad (25)$$

A Tabela 8 representa o balanço de massa para o tanque de aquecimento.

Tabela 8 - Frações e vazões mássicas do tanque de aquecimento

<b>Corrente</b>	<b>10</b>		<b>11</b>		<b>12</b>	
<b>Componentes</b>	Fração	Vazão (kg/h)	Fração	Vazão (kg/h)	Fração	Vazão (kg/h)
Proteína	0,0347	32,8307	0,0000	0,0000	0,0347	32,8307
Gordura	0,0187	17,6920	0,0000	0,0000	0,0187	17,6920
Carboidrato	0,0239	22,5796	0,0000	0,0000	0,0238	22,5796
Cinzas	0,0040	3,8281	0,0000	0,0000	0,0040	3,8281
Umidade	0,1186	112,1845	0,0000	0,0000	0,1184	112,1845
Água	0,8000	756,4597	0,0000	0,0000	0,7984	756,4597
NaHCO <sub>3</sub>	0,0000	0,0000	1,0000	1,8911	0,0020	1,8911
<b>Total</b>	<b>1,0000</b>	<b>945,5747</b>	<b>1,0000</b>	<b>1,8911</b>	<b>1,0000</b>	<b>947,4658</b>

Fonte: Autoria própria, 2019.

A quantidade de 0,25 % de bicarbonato de sódio que deve ser adicionado tem o valor de 1,89 kg/h.

## 7.6 CENTRIFUGAÇÃO E FILTRAÇÃO

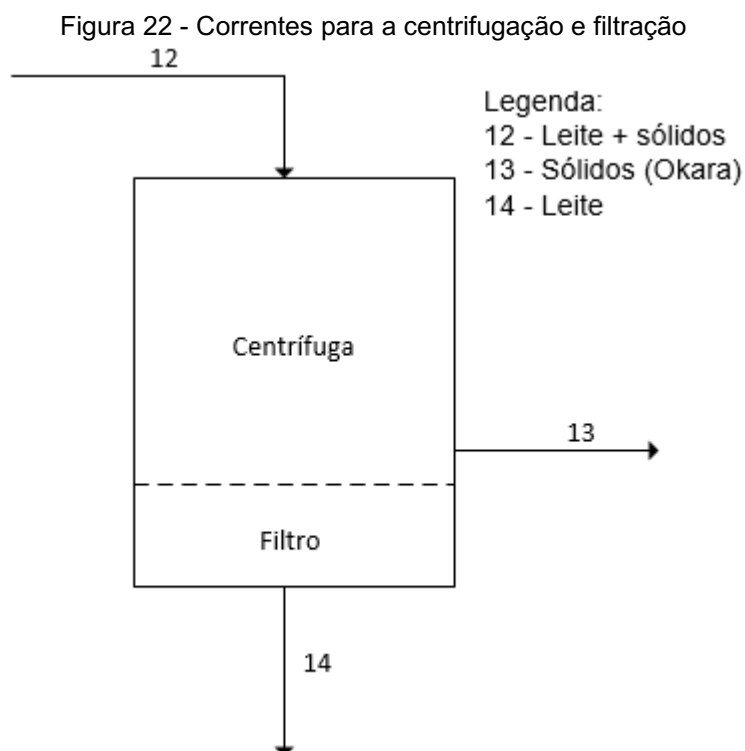
Com a centrifugação e a filtração, tem-se a saída de okara. Segundo Akintunde (2002) o leite de soja tem entre 8 e 10% de sólidos totais e aproximadamente 3,6% de proteínas, 2% de gorduras 2,9% de carboidratos e 0,5% de cinzas. Foi adotado uma porcentagem de 10% de sólidos no leite de soja, 3,6% de proteínas, 2% de gorduras 2,9% de carboidratos e 0,5% de cinzas e a soma das massas desses componentes são a massa seca de soja ( $\dot{m}^S$ ), portanto as considerações são mostradas nas Equações 26 e 27.

$$\dot{m}_{13}^S = 0,9 \cdot \dot{m}_{12}^S \quad (26)$$

$$\dot{m}_{14}^S = 0,1 \cdot \dot{m}_{12}^S \quad (27)$$



É considerado que toda a unidade da soja fica retido no okara. As entradas e saídas da centrifugação e filtração são representadas na Figura 22.



Fonte: Autoria própria, 2019.

As Equações 28 a 30 representam o balanço de massa para a centrifuga e o filtro.

Balanço de massa global:

$$\dot{m}_{12} = \dot{m}_{13} + \dot{m}_{14} \quad (28)$$

Balanço de massa para proteína, gordura, carboidrato, cinzas, umidade (Equação 29) e balanço de massa para água e bicarbonato de sódio (Equação 30):

$$x_{12}\dot{m}_{12} = x_{13}\dot{m}_{13} + x_{14}\dot{m}_{14} \quad (29)$$

$$x_{12}\dot{m}_{12} = x_{14}\dot{m}_{14} \quad (30)$$

As frações e vazões mássicas das correntes da centrífuga e do filtro são mostradas na Tabela 9.

Tabela 9 - Frações e vazões mássicas da centrífuga e filtro

<b>Corrente</b>	<b>12</b>		<b>13</b>		<b>14</b>	
<b>Componentes</b>	Fração	Vazão (kg/h)	Fração	Vazão (kg/h)	Fração	Vazão (kg/h)
Proteína	0,0347	32,8307	0,0290	5,3212	0,0360	27,5095
Gordura	0,0187	17,6920	0,0131	2,4089	0,0200	15,2831
Carboidrato	0,0238	22,5796	0,0023	0,4192	0,0290	22,1604
Cinzas	0,0040	3,8281	0,0000	0,0073	0,0050	3,8208
Umidade	0,1184	112,1845	0,6120	112,1845	0,0000	0,0000
Água	0,7984	756,4597	0,3422	62,7260	0,9078	693,7337
NaHCO <sub>3</sub>	0,0020	1,8911	0,0013	0,2458	0,0022	1,6453
<b>Total</b>	<b>1,0000</b>	<b>947,4658</b>	<b>1,0000</b>	<b>183,3130</b>	<b>1,0000</b>	<b>764,1528</b>

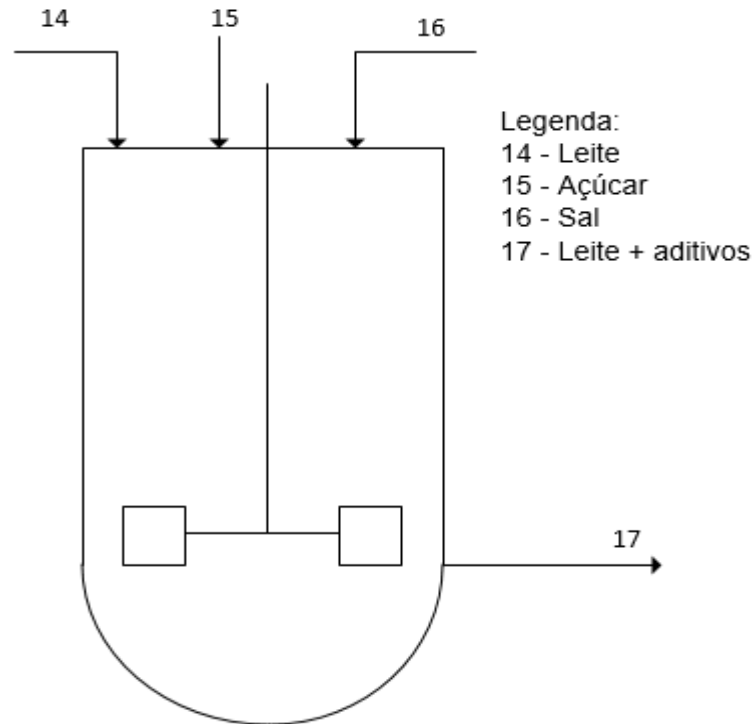
Fonte: Autoria própria, 2019.

Os sólidos retidos na filtração (okara) totalizam 183,3 kg/h e não participarão mais da produção.

## 7.7 RESFRIAMENTO, ADIÇÃO DE SAL E AÇÚCAR E HOMOGENEIZAÇÃO

A partir dessa etapa, já foi retirado o okara e tem-se apenas leite a adição de sal e açúcar, que é mostrado pela Figura 23.

Figura 23 - Correntes para a adição de sal e açúcar



Fonte: Autoria própria, 2019.

Balço de massa global:

$$\dot{m}_{14} + \dot{m}_{15} + \dot{m}_{16} = \dot{m}_{17} \quad (31)$$

Os balanços de massa para proteína, gordura, carboidrato, cinzas, água e bicarbonato de sódio é calculado pela Equação 32.

$$x_{14}\dot{m}_{14} = x_{17}\dot{m}_{17} \quad (32)$$

O balanço de massa para o açúcar e para o sal são calculados pelas Equações 33 e 34, respectivamente.

$$x_{15}\dot{m}_{15} = x_{17}\dot{m}_{17} \quad (33)$$

$$x_{16}\dot{m}_{16} = x_{17}\dot{m}_{17} \quad (34)$$

Os resultados do balanço de massa para o tanque de resfriamento são mostrados na Tabela 10.

Tabela 10 - Frações e vazões mássicas para o tanque de resfriamento

Corrente Componentes	14		15		16		17	
	Fração	Vazão (kg/h)	Fração	Vazão (kg/h)	Fração	Vazão (kg/h)	Fração	Vazão (kg/h)
Proteína	0,0360	27,5095	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0343	27,5095
Gordura	0,0200	15,2831	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0190	15,2831
Carboidrato	0,0290	22,1604	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0276	22,1604
Cinzas	0,0050	3,8208	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0048	3,8208
Água	0,9078	693,7337	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,8646	693,7337
NaHCO <sub>3</sub>	0,0022	1,6453	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0021	1,6453
Açúcar	0,0000	0,0000	1,0000	22,9246	0,0000	0,0000	0,0286	22,9246
Sal	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	15,2831	0,0190	15,2831
<b>Total</b>	<b>1,0000</b>	<b>764,1528</b>	<b>1,0000</b>	<b>22,9246</b>	<b>1,0000</b>	<b>15,2831</b>	<b>1,0000</b>	<b>802,3604</b>

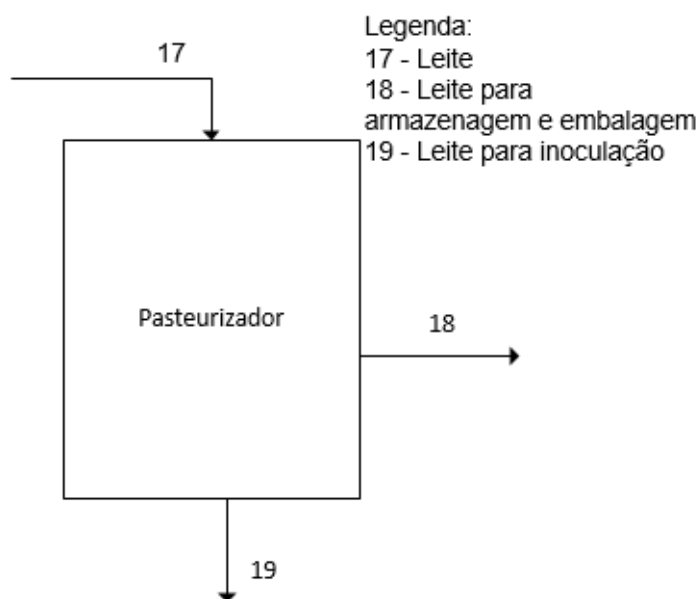
Fonte: Autoria própria, 2019.

Com a adição de 22,9 kg/h de açúcar e 15,3 kg/h de sal, totaliza 802,4 kg/h de leite.

## 7.8 PASTEURIZAÇÃO, ARMAZENAGEM E EMBALAGEM DO LEITE E CORRENTE DE LEITE PARA A INOCULAÇÃO

A representação das correntes de entradas e saídas do pasteurizador é verificada na Figura 24.

Figura 24 - Correntes para o pasteurizador



Fonte: Autoria própria, 2019.

Nessa etapa, as frações mássicas dos componentes do leite são as mesmas, existe apenas uma divisão, em que 50% do leite vai para a armazenagem e embalagem e os outros 50% são encaminhados para os fermentadores.

$$\dot{m}_{18} = 0,5 \cdot \dot{m}_{17} \quad (35)$$

$$\dot{m}_{19} = 0,5 \cdot \dot{m}_{17} \quad (36)$$

Dessa maneira não é necessário realizar o balanço de massa para os componentes e o balanço de massa global é dado por:

$$\dot{m}_{17} = \dot{m}_{18} + \dot{m}_{19} \quad (37)$$

As frações e vazões mássicas do pasteurizador estão na Tabela 11.

Tabela 11 - Frações e vazões mássicas do pasteurizador

Corrente	17		18		19	
	Fração	Vazão (kg/h)	Fração	Vazão (kg/h)	Fração	Vazão (kg/h)
Proteína	0,0343	27,5095	0,0343	13,7547	0,0343	13,7547

Gordura	0,0190	15,2831	0,0190	7,6415	0,0190	7,6415
Carboidrato	0,0276	22,1604	0,0276	11,0802	0,0276	11,0802
Cinzas	0,0048	3,8208	0,0048	1,9104	0,0048	1,9104
Água	0,8646	693,7337	0,8646	346,8669	0,8646	346,8669
NaHCO <sub>3</sub>	0,0021	1,6453	0,0021	0,8226	0,0021	0,8226
Açúcar	0,0286	22,9246	0,0286	11,4623	0,0286	11,4623
Sal	0,0190	15,2831	0,0190	7,6415	0,0190	7,6415
<b>Total</b>	<b>1,0000</b>	<b>802,3604</b>	<b>1,0000</b>	<b>401,1802</b>	<b>1,0000</b>	<b>401,1802</b>

Fonte: Autoria própria, 2019.

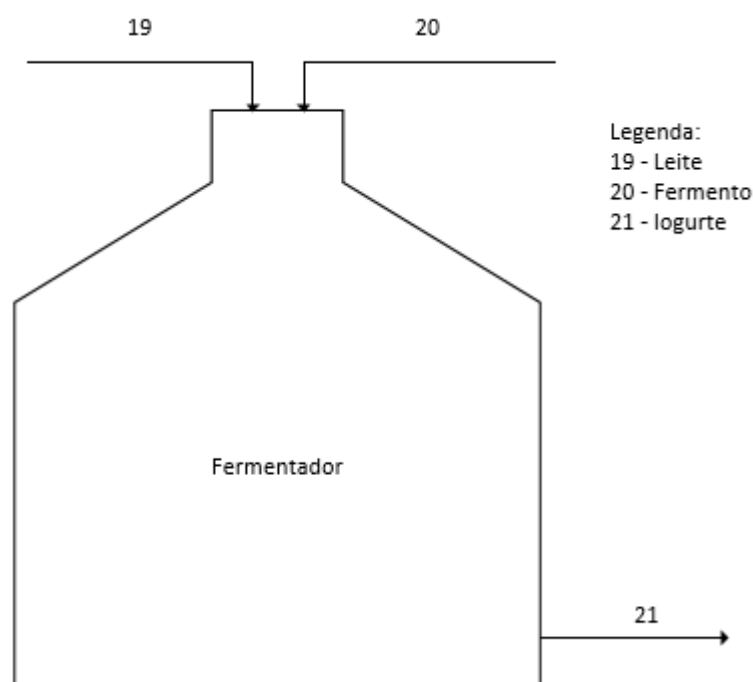
A produção de 802,4 kg/h de leite é então dividida em 50 % e encaminhada para o envase e produção de iogurte.

## 7.9 INOCULAÇÃO E FERMENTAÇÃO

A corrente 19, destinada à produção de iogurte, segue para um fermentador, onde é adicionado à corrente 20, contendo o fermento constituído pelos microrganismos: *Lactobacillus bulgaricus* e *Streptococcus thermophilus*.

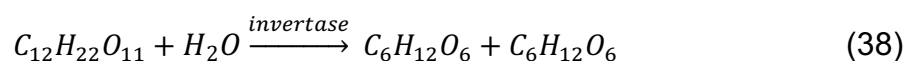
A Figura 25 representa as correntes de entrada e saída do fermentador.

Figura 25 - Correntes para o fermentador



Fonte: Autoria própria, 2019.

A fermentação ocorre em duas etapas, inicialmente a sacarose é convertida em glicose e frutose a partir da invertase realizada pela bactéria *S. thermophilus*. De acordo com TRINDADE et al. (2001) a sacarose corresponde a 40% dos carboidratos do leite de soja e sua conversão no processo é de até 90%.



Após a conversão da sacarose, ocorre a reação de glicólise onde é produzido um composto chamado ácido pirúvico, posteriormente com a fermentação láctica esse ácido é reduzido em ácido láctico.

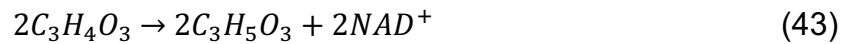
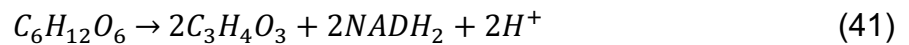
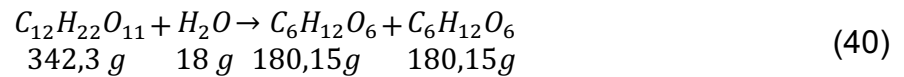
Segundo Yazici (1997) o fermento utilizado corresponde a 1% em massa de substrato.

Trindade et al (2001) observou em seu estudo que após a fermentação por 6 horas com adição de sacarose, o teor de ácido láctico no produto era de 0,4%. Dessa forma no balanço de massa da *Soy Health* foi considerado a adição de 1% de fermento em relação à massa do substrato e que o teor de ácido láctico no produto é de 0,4%.

A equação global:

$$\dot{m}_{21} = \dot{m}_{19} + \dot{m}_{20} \quad (39)$$

A reação é a seguinte:



Onde o dinucleótido de nicotinamida e adenina (NAD) é uma coenzima responsável pelo transporte de elétrons, e os dois elétrons livre na Equação 41 são usados para produzir trifosfato de adenosina (ATP) a partir da adenosina bifostato (ADP).

Dada a reação, é levado em conta que nenhum componente além da água e sacarose se alteram, bem como suas respectivas massas molares. Obtém-se os resultados apresentados na Tabela 12.



Tabela 12 - Frações e vazões mássicas do fermentador

<b>Corrente</b>	<b>19</b>		<b>20</b>		<b>21</b>	
<b>Componentes</b>	Fração	Vazão (kg/h)	Fração	Vazão (kg/h)	Fração	Vazão (kg/h)
Proteína	0,0343	13,7547	0,0000	0,0000	0,0343	13,7547
Gordura	0,0190	7,6415	0,0000	0,0000	0,0190	7,6415
Sacarose	0,0396	15,8944	0,0000	0,0000	0,0360	14,4487
Carboidratos	0,0166	6,6481	0,0000	0,0000	0,0166	6,6481
Cinzas	0,0048	1,9104	0,0000	0,0000	0,0048	1,9104
Água	0,8646	346,8669	0,0000	0,0000	0,8634	346,7062
NaHCO <sub>3</sub>	0,0021	0,8226	0,0000	0,0000	0,0020	0,8226
Ác. Láctico	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0040	1,6063
Sal	0,0190	7,6415	0,0000	0,0000	0,0190	7,6415
Fermento	0,0000	0,0000	1,0000	0,4012	0,0010	0,4012
<b>Total</b>	<b>1,0000</b>	<b>401,1802</b>	<b>1,0000</b>	<b>0,4012</b>	<b>1,0000</b>	<b>401,5814</b>

Fonte: Autoria própria, 2019.

Com a entrada de 0,4 kg/h de fermento a corrente que entra nos fermentadores é de 401,6 Kg/h.

## 7.10 ADIÇÕES FINAIS E EMBALAGEM DO IOGURTE

Todo iogurte da *Soy Health* tem sabor morango, para isso adiciona-se em um misturador polpa do morango e iogurte natural. Miguel (2010) diz que uma boa proporção é a adição de 4,8% de polpa em relação a massa do iogurte.

Os componentes da polpa de morango foram adaptados a partir das informações de um fornecedor de polpas de frutas.

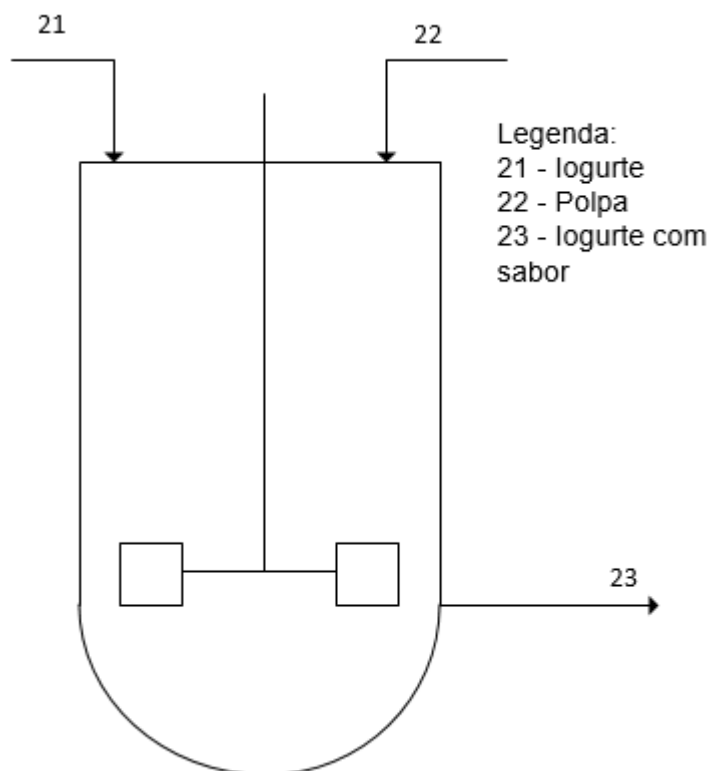
Tabela 13 - Composição da polpa de morango (g/100 g)

	Massa (g)	Fração
Água	89,4	0,894
Proteína	0,8	0,008
Açúcar	8,5	0,085
Fibras	1,3	0,013
Total	100	1

Fonte: Adaptado Fal polpas (2019).

A representação das correntes de entradas e saídas do misturador para adição de polpa é dado pela Figura 26.

Figura 26 - Correntes para a adição de polpa



Fonte: Autoria própria, 2019.

Balanço de massa global:

$$\dot{m}_{23} = \dot{m}_{21} + \dot{m}_{22} \quad (44)$$

Balanço de massa para proteína, sacarose, cinzas, água e bicarbonato de sódio (Equação 45), para gordura, carboidrato, cinzas, bicarbonato de sódio, sal e fermento (Equação 46), e para a fibra (Equação 47):

$$x_{23}\dot{m}_{23} = x_{21}\dot{m}_{21} + x_{22}\dot{m}_{22} \quad (45)$$

$$x_{23}\dot{m}_{23} = x_{21}\dot{m}_{21} \quad (46)$$

$$x_{23}\dot{m}_{23} = x_{22}\dot{m}_{22} \quad (47)$$

Os resultados obtidos pelo balanço de massa estão representados na Tabela 14.

Tabela 14 - Frações e vazões mássicas para adição de polpa

<b>Corrente</b>	<b>21</b>		<b>22</b>		<b>23</b>	
<b>Componentes</b>	Fração	Vazão (kg/h)	Fração	Vazão (kg/h)	Fração	Vazão (kg/h)
Proteína	0,0343	13,7547	0,0080	0,1542	0,0330	13,9090
Gordura	0,0190	7,6415	0,0000	0,0000	0,0182	7,6415
Sacarose	0,0360	14,4487	0,0850	1,6385	0,0382	16,0871
Carboidratos	0,0166	6,6481	0,0000	0,0000	0,0158	6,6481
Cinzas	0,0048	1,9104	0,0000	0,0000	0,0045	1,9104
Água	0,8634	346,7062	0,8940	17,2327	0,8648	363,9389
NaHCO <sub>3</sub>	0,0020	0,8226	0,0000	0,0000	0,0020	0,8226
Ác. Láctico	0,0040	1,6063	0,0000	0,0000	0,0038	1,6063
Sal	0,0190	7,6415	0,0000	0,0000	0,0182	7,6415
Fermento	0,0010	0,4012	0,0000	0,0000	0,0010	0,4012
Fibra	0,0000	0,0000	0,0130	0,2506	0,0006	0,2506
<b>Total</b>	<b>1,0000</b>	<b>401,5814</b>	<b>1,0000</b>	<b>19,2759</b>	<b>1,0000</b>	<b>420,8573</b>

Fonte: Autoria própria, 2019.

Assim totalizando uma produção de 401,6 kg/h de leite de soja e 420,8 kg/h de iogurte de soja.

## 8 BALANÇO DE ENERGIA DO PROCESSO

Segundo Moran et al. (2018), o balanço de energia para sistemas fechados na forma de taxa temporal em palavras é:

$$\left[ \begin{array}{l} \text{taxa de variação temporal} \\ \text{da energia contida} \\ \text{no sistema no tempo } t \end{array} \right] = \left[ \begin{array}{l} \text{taxa líquida de} \\ \text{transferência de calor} \\ \text{para dentro} \\ \text{no tempo } t \end{array} \right] - \left[ \begin{array}{l} \text{taxa líquida na} \\ \text{qual a energia} \\ \text{está sendo} \\ \text{sendo transferida} \\ \text{para fora por} \\ \text{trabalho no tempo } t \end{array} \right]$$

A Equação 48 representa o balanço de energia para sistemas fechados na forma de taxa temporal:

$$\frac{dE}{dt} = \dot{Q} - \dot{W} \quad (48)$$

Para sistemas abertos o balanço de energia é:

$$\frac{dE}{dt} = \dot{Q} - \dot{W} + \sum \dot{m}_e \cdot \left( h_e + \frac{V_e^2}{2} + gz_e \right) - \sum \dot{m}_s \cdot \left( h_s + \frac{V_s^2}{2} + gz_s \right) \quad (49)$$

em que:

$\frac{dE}{dt}$  é o acúmulo de energia;

$\dot{Q}$  e  $\dot{W}$  são as taxas de calor e trabalho, respectivamente;

$\sum \dot{m}_e$  e  $\sum \dot{m}_s$  é o somatório das vazões mássicas de entrada e de saída, respectivamente;

$h_e$  e  $h_s$  é a entalpia específica da entrada e da saída, respectivamente;

$V_e$  e  $V_s$  é a velocidade do fluido na entrada e na saída, respectivamente;

$Z_e$  e  $Z_s$  é a altura na entrada e na saída, respectivamente;

$g$  é a aceleração da gravidade.

Na maioria dos processos da *Soy Health* essa expressão pode ser reduzida para a Equação 50, uma vez que os equipamentos são modelados como regime permanente e a energia cinética e potencial possuem valores muito menores do que aqueles comparados com o calor, o trabalho e a variação de entalpia.

$$\dot{Q} - \dot{W} = \sum \dot{m}_s \cdot h_s - \sum \dot{m}_e \cdot h_e \quad (50)$$

Em alguns casos, o valor do trabalho também é desprezível.

$$\dot{Q} = \sum \dot{m}_s \cdot h_s - \sum \dot{m}_e \cdot h_e \quad (51)$$

Lembrando que a entalpia pode ser descrita pela Equação 52, caso exista apenas calor sensível, pela Equação 53, caso exista apenas calor latente e a somatória de ambos é na presença de calor latente e sensível (Equação 54).

$$h = C_p \cdot T \quad (52)$$

$$h = \lambda \quad (53)$$

$$h = C_p \cdot T + \lambda \quad (54)$$

Em que  $C_p$  representa o calor específico à pressão constante,  $T$  a temperatura e  $\lambda$  a entalpia latente. A partir da Equação 51 e considerando a vazão mássica constante na entrada e na saída e que seja um caso que tem a presença de calor latente e calor sensível, a equação resultante é:

$$\dot{Q} = \sum \dot{m}_i \cdot C_{pi} \cdot (T_{si} - T_{ei}) + \sum \dot{m}_j \cdot \lambda_j \quad (55)$$

Em que os sub índices i e j são referentes a espécies diferentes.

Nas seções posteriores é apresentado o balanço de energia em cada etapa do processo, ressaltando que processos como a limpeza, filtros e misturadores operam isotermicamente e não ocorre queda de pressão significativa, não precisando, portanto, da realização do balanço energético. No homogeneizador, embora tenha mudança de pressão, não ocorre aumento significativo na temperatura.

## 8.1 HIDRATAÇÃO

Na etapa de hidratação, tem-se a entrada de água em uma temperatura de 45°C (MAPURE; MACHAVA; MOIANE, 2016). Realizando uma interpolação com os valores disponíveis no Anexo 1 encontra-se o valor de 4,181 kJ/kg.K de calor específico. Considera-se a temperatura da soja como a temperatura de cerca de 25°C, porém o  $C_p$  da soja não varia muito em relação a temperatura e sim em relação a umidade, dessa forma segundo Deshpande (1999) o  $C_p$  da soja na temperatura de 42°C (315 K) e entre umidade em base seca de 8,1 a 25% varia linearmente de acordo com a Equação 56.

$$C_p = 1,444. (1 + 4,06. 10^{-2}M) \quad (56)$$

Em que o  $M$  é o valor da porcentagem de teor de umidade em base seca. Antes de se iniciar a hidratação, a umidade em base seca da soja é de 15,24%, portanto, pela Equação 56 resulta em um valor de calor específico de 2,3375 kJ/kgK.

Com todos os tanques de hidratação como volume de controle, considera-se regime permanente, com o  $C_p$  da água constante (pouca variação de temperatura) e o  $C_p$  da soja também constante (não foi encontrado dados de  $C_p$  da soja com umidade maior que 25%). A troca de calor é feita apenas entre as substâncias dentro do tanque de hidratação, portanto o fluxo de calor é nulo (o calor perdido de uma substância é absorvido por outra). Utilizando a Equação 55 e os valores da vazão mássica como a média entra a vazão inicial e a final ( $\dot{m}_m$ ), foi calculado a temperatura de equilíbrio e os valores são apresentados na Tabela 15.

Tabela 15 - Dados e valores do balanço energético para a hidratação

Substâncias	$\dot{m}_e$ (kg/h)	$\dot{m}_s$ (kg/h)	$\dot{m}_m$ (kg/h)	T (°C)	T (K)	$C_p$ (kJ/kg.K)
Água	139,9897	44,2012	92,0954	45,0	318,0	4,1810
Soja	93,3264	189,1149	141,2207	25,0	298,0	2,3375
<b>Equilíbrio</b>				35,7	308,7	

Fonte: Autoria própria, 2020.

A temperatura de equilíbrio resultante da hidratação da soja é de 35,7°C.

## 8.2 TRITURAÇÃO

É adicionado água quente em uma temperatura de 80°C (COURI et al, 2006). Utilizando os valores do anexo 1, tem-se o  $C_p$  da água de 4,198 kJ/kg.K. Considera-se a trituração como regime permanente, as vazões mássicas de entrada e de saída são constantes, calor específico constante e assim como a hidratação trata-se de um sistema adiabático. Na Tabela 16 encontra-se os valores utilizados no cálculo assim como a temperatura de equilíbrio.

Tabela 16 - Dados e valores do balanço energético para a trituração

Substância	$\dot{m}$ (kg/h)	T(°C)	T(K)	$C_p$ (kJ/kg.K)
Água	756,4597	80,0	353,0	4,1980
Soja	189,1149	35,7	308,7	2,3375
<b>Equilíbrio</b>		74,6	347,6	

Fonte: Autoria própria, 2020.

A vazão mássica de água é superior ao da soja, dessa maneira a temperatura de equilíbrio fica mais próxima à temperatura da água, resultando em uma temperatura de equilíbrio de 74,6°C.

### 8.3 TRATAMENTO TÉRMICO

O tratamento térmico é realizado por um tanque de aquecimento elétrico até que se atinja a temperatura de 95°C (MAPURE; MACHAVA; MOIANE, 2016). Uma vez que a soja já foi triturada, a partir dessa etapa, os dados utilizados nos cálculos do balanço energético serão em relação ao leite de soja. Oguntunde (1991) estudou a variação do calor específico de leite de soja de dois tipos, o leite de soja TGX e o DOKO, com a similaridade de composição do leite de soja TGX com o da *Soy Health*, foi utilizado o calor específico desse leite de soja para os cálculos. O  $C_p$  do leite de soja varia em relação a porcentagem total de sólidos (%TS) de acordo com a Equação 57.

$$C_p = 4,18 + 0,5. (\%TS) \quad (57)$$

No início do tratamento térmico, o leite de soja possui uma porcentagem de sólidos de 8,2%, portanto um  $C_p$  de 8,28 kJ/kg.K. Embora tenha acréscimo de bicarbonato de sódio, a porcentagem de sólidos não altera significativamente, dessa maneira considera-se o  $C_p$  constante. Os valores e resultados estão dispostos na Tabela 17.

Tabela 17 - Dados e valores do balanço energético para o tratamento térmico

<b>Substância</b>	<b><math>\dot{m}</math> (kg/h)</b>	<b>T(°C)</b>	<b>T(K)</b>	<b>%TS</b>	<b><math>C_p</math> (kJ/kg.K)</b>	<b><math>\dot{Q}</math> (kJ/h)</b>
Leite de soja	947,4658	74,6	347,6	8,2	8,28	
<b>Fim</b>		95,0	368,0			160116,3396

Fonte: Autoria própria, 2020.

No tratamento térmico a quantidade de utilidade quente é suprida com 160116,34 kJ/h.

### 8.4 RESFRIAMENTO 1



Após o tratamento térmico, ocorre o resfriamento até atingir uma temperatura de 35°C. Nessa etapa ocorre a adição de sal e açúcar, o que aumenta a quantidade de sólidos para 13,54%. Considerando que a adição de sólidos seja muito rápida e momentânea, os cálculos da transferência de calor foram realizados após a adição de sólidos, portanto, o leite de soja apresenta um  $C_p$  de 10,95 kJ/kg.K. Os valores são mostrados na Tabela 18.

Tabela 18 - Dados e valores do balanço energético para o primeiro resfriamento

	$\dot{m}$ (kg/h)	T(°C)	T(K)	%TS	$C_p$ (kJ/kg.K)	$\dot{Q}$ (kJ/h)
<b>Início</b>	802,360	95	368	13,54	10,95	
<b>Fim</b>		35	308			-527150,783

Fonte: Autoria própria, 2020.

Com os dados apresentados se faz necessário 527150,78 kJ/h de utilidade fria.

## 8.5 PASTEURIZAÇÃO E RESFRIAMENTO 2

O leite de soja é aquecido a uma temperatura de 100°C e depois resfriado até uma temperatura de 45°C. Nessas etapas a vazão mássica e o calor específico são constantes. Os resultados da pasteurização e do resfriamento são mostrados na Tabela 19 e 20, respectivamente.

Tabela 19 - Dados e valores do balanço energético para a pasteurização

	$\dot{m}$ (kg/h)	T(°C)	T(K)	%TS	$C_p$ (kJ/kg.K)	$\dot{Q}$ (kJ/h)
<b>Início</b>	802,360	35,0	308,0	13,54	10,95	
<b>Fim</b>		100,0	373,0			571080,015

Fonte: Autoria própria, 2020.

Tabela 20 - Dados e valores do balanço energético para o segundo resfriamento

	$\dot{m}$ (kg/h)	T(°C)	T(K)	%TS	$C_p$ (kJ/kg.K)	$\dot{Q}$ (kJ/h)
<b>Início</b>	802,360	100,0	373,0	13,54	10,95	
<b>Fim</b>		45,0	318,0			-483221,551

Fonte: Autoria própria, 2020.

A pasteurização necessitará de 571080,02 kJ/h de utilidade quente enquanto o resfriamento de 483221,55 kJ/h de utilidade fria.

## 8.6 FERMENTAÇÃO

A fermentação deve ocorrer a temperatura constante de 45°C. A reação de fermentação é uma reação exotérmica, portanto, libera calor, promovendo o aumento de temperatura nos fermentadores. Para manter a temperatura de fermentação a 45°C, os fermentadores são encamisados de modo que haja troca de calor entre a reação exotérmica da fermentação e um fluxo interno de água, mantendo a temperatura a 45°C. O calor liberado pelas reações foi calculado pela entalpia de formação das substâncias. As massas molares e as entalpias de formação das substâncias presentes na reação de invertase e na formação do ácido láctico foram retiradas de Atkins (2018) e são mostradas na Tabela 21.

Tabela 21 - Dados das substâncias da reação de fermentação láctica a 298 K

Substâncias	Massa molar (g/mol)	$\Delta_f H^\theta$ (kJ/mol)
$C_{12}H_{22}O_{11(s)}$	342,30	-2222,00
$H_2O(l)$	18,02	-285,83
$C_6H_{12}O_6(s)$ (Gli)	180,16	-1268,00
$C_6H_{12}O_6(s)$ (Fru)	180,16	-1266,00
$C_3H_6O_3(s)$	90,08	-694,00

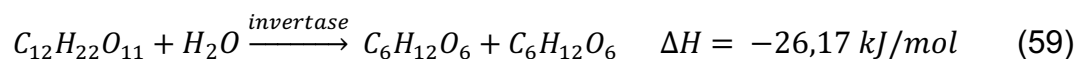
Fonte: Adaptado de Atkins, 2018.

A quantidade de calor gerada ou desprendida em uma reação é determinada pela aplicação da primeira lei da termodinâmica para o processo, isso é representado pela Equação 58 (KROSS, 2016).

$$\bar{Q} = \bar{H}_P - \bar{H}_R \quad (58)$$

Em que  $\bar{Q}$  é o calor liberado ou gerado pela reação em base molar,  $\bar{H}_P$  e  $\bar{H}_R$  é a entalpia dos produtos e dos reagentes, respectivamente, ambos na base molar.

Utilizando a Tabela 21 e a Equação 58 é possível calcular a variação de entalpia da reação e o calor da reação. A reação de invertase e a sua variação de entalpia é apresentada pela Equação 59.



A reação global para a formação de ácido láctico é:



O balanço de massa para a fermentação já foi realizado e os dados estão presentes na Tabela 12, portanto tem-se conhecimento da quantidade de sacarose que reagiu e da quantidade de ácido láctico formado, que são 1,4457 kg/h e 1,6063 kg/h respectivamente. Utilizando da massa molar disponível na Tabela 21, encontram-se as quantidades de sacarose reagido e ácido láctico formado, em mol/h, e multiplicando esse valor pelas entalpias de reação encontram-se os valores na unidade desejada (kJ/h). Os valores estão na Tabela 22.

Tabela 22 - Quantidade de calor liberado na fermentação

Reação	$\Delta H$ (kJ/mol)	$\dot{Q}$ (kJ/h)
1	-26,17	-110,53
2	-120,00	-4279,73
<b>Total</b>	<b>-146,17</b>	<b>-4390,26</b>

Fonte: Autoria própria, 2020.

A quantidade de calor liberada pela reação em um tanque de fermentação será de 4390,3 kJ/h.

## 8.7 RESFRIAMENTO 3

Após ser adicionada a polpa, o iogurte é resfriado a uma temperatura de 8°C. Não foram encontrados dados de  $C_p$  do iogurte de soja, dessa maneira utilizou-se dos valores de calor específico do leite de soja com a porcentagem de sólidos de 13,52%. A vazão mássica é constante, portanto, os valores do balanço de energia para o terceiro resfriamento se encontram na Tabela 23.

Tabela 23 - Dados e valores do balanço energético para o terceiro resfriamento

	$\dot{m}$ (kg/h)	T(°C)	T(K)	%TS	$C_p$ (kJ/kg.K)	$\dot{Q}$ (kJ/h)
<b>Início</b>	420,857	45,0	318,0	13,52	10,942	
<b>Fim</b>	420,857	8,0	281,0	13,52	10,942	-170388,832

Fonte: Autoria própria, 2020.

A tabelas 23 nos mostra que serão utilizados 170388,8 kJ/h de utilidade fria no terceiro resfriamento.

## 8.8 BALANÇO DE ENERGIA PARA O LÍQUIDO REFRIGERANTE

O líquido refrigerante utilizado será o R-22. Deve-se realizar um balanço de energia para calcular a vazão mássica necessário na produção. A Tabela 24 relaciona a temperatura ambiente com a pressão de saída do refrigerante 22 (INSPECTAPEDIA, 2020).

Tabela 24 - Relação entre temperatura ambiente e pressão de saída do R-22

Temperatura ambiente (°C)	Pressão (bar)
18	4,4816
21	4,8263
24	5,5158
32	7,2395
38	8,6184
43	9,9974

Fonte: Adaptado de INSPECTAPEDIA, 2020.

Considerando a temperatura como aproximadamente 24°C, tem-se a pressão de saída do R-22 de 5,5158 bar. Considerando o R-22 como inicialmente vapor saturado com uma temperatura de -60°C, ele passará para a fase líquida e depois chega na temperatura de líquido saturado na pressão de saída, retornando a fase vapor após a troca de calor. De acordo com o Anexo 2, a temperatura do refrigerante

na saída é de aproximadamente 3°C. O  $C_p$  do líquido refrigerante é de 1,252 kJ/kg°C (AGC-CHEMICALS, 2020).

Com esses dados é possível calcular a quantidade necessária de refrigerante 22 pela Equação 61.

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}}{c_p \Delta T + h_{fg}} \quad (61)$$

Em que a entalpia de vaporização do líquido refrigerante ( $h_{fg}$ ) é de 245,35 kJ/kg (Moran, 2018).

A Tabela 25 apresenta os dados de vazão mássica necessários para os três resfriamentos.

Tabela 25 - Vazões mássicas de R-22

	$T_1$ (°C)	$T_{eq}$ (°C)	$\dot{Q}$ (kJ/h)	$\dot{m}$ (kg/h)
<b>Resfriamento 1</b>	3	35	-527151	1846,969
<b>Resfriamento 2</b>	3	45	-483222	1621,908
<b>Resfriamento 3</b>	3	8	-170389	677,194

Fonte: Autoria própria, 2020.

Pela tabela 25 vemos uma necessidade de um 1180762 kJ/h de unidade fria no total da empresa.

## 8.9 BALANÇO DE ENERGIA PARA OS TROCADORES DE CALOR

Os trocadores de calor serão necessários para aquecer a água à temperatura ambiente (25°C) para a hidratação e para a trituração até alcançar a temperatura de 45°C e 80°C, respectivamente. É utilizado também um trocador de calor para manter a temperatura dos fermentadores em 45°C. Como o calor específico da água não se altera muito com a temperatura, foi considerado  $C_p$  constante e igual a 4,179 kJ/kg.K.

Os dados e resultados do balanço de energia para a água de hidratação estão na Tabela 26 e para a água de trituração estão na Tabela 27.

Tabela 26 – Dados e valores para o aquecimento da água da hidratação

	$\dot{m}$ (kg/h)	T (°C)	T (K)	$C_p$ (kJ/kg.K)	$\dot{Q}$ (kJ/h)
<b>Início</b>	139,9897	25	298	4,179	
<b>Fim</b>	-	45	318	-	11700,3370

Fonte: Autoria própria, 2020.

Tabela 27 - Dados e valores para o aquecimento da água de trituração

	$\dot{m}$ (kg/h)	T (°C)	T (K)	$C_p$ (kJ/kg.K)	$\dot{Q}$ (kJ/h)
<b>Início</b>	756,4597	25	298	4,179	
<b>Fim</b>	-	80	353	-	173868,4847

Fonte: Autoria própria, 2020.

Nos fermentadores encamisados existe um sistema de refrigeração onde haverá troca de calor entre o iogurte e a água, considera-se que a água atinja uma temperatura final de 35°C. A Tabela 28 mostra o valor da vazão mássica de água necessário para manter os fermentadores com uma temperatura de 45°C.

Tabela 28 - Dados e valores para o trocador de calor dos fermentadores

	$\dot{m}$ (kg/h)	T (°C)	T (K)	$C_p$ (kJ/kg.K)	$\dot{Q}$ (kJ/h)
<b>Início</b>	105,055	25	298	4,179	-
<b>Fim</b>	-	35	318	-	4390,3

Fonte: Autoria própria, 2020.

Portanto, necessita-se de 105,055 kg/h de água para o trocador de calor dos fermentadores.

## 8.10 BALANÇO DE ENERGIA PARA A CALDEIRA

O fluido quente utilizado nos dois primeiros trocadores de calor será o vapor. Para o dimensionamento da caldeira, é necessário calcular a quantidade de vapor necessário. Supondo que esse vapor produzido pela caldeira seja vapor saturado, o calor transferido nos equipamentos é dado pela multiplicação da vazão mássica de vapor e a entalpia. No entanto, o calor que precisa ser transferido já é conhecido e deseja-se conhecer a vazão mássica de vapor, calculado pela Equação 62.

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}}{h_{fg}} \quad (62)$$

Em que  $\dot{m}$  é a vazão mássica do vapor,  $\dot{Q}$  é o calor liberado e  $h_{fg}$  é a entalpia de vaporização do líquido em uma pressão ou temperatura especificada.

Segundo Moran (2018), a entalpia de vaporização na temperatura de 150°C é de 2114,3 kJ/kg. A vazão mássica de vapor necessário foi calculada e os resultados estão na Tabela 29.

Tabela 29 - Vazão mássica de vapor saturado

<b>Equipamento</b>	<b><math>\dot{Q}</math> (kJ/h)</b>	<b><math>\dot{m}_{VAPOR}</math> (kg/h)</b>
Trocador de calor 1	11700,337	5,5339
Trocador de calor 2	173868,48	82,2345
Tanque de aquecimento	160116,34	75,7302
Pasteurizador	571080,02	270,1036

Fonte: Autoria própria, 2020.

Somando todas as vazões mássicas, tem um total de 433,6032 kg/h de vapor requerido.

## **9 DIMENSIONAMENTO E ESPECIFICAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS**

Os equipamentos foram dimensionados e especificados de acordo com os resultados do balanço de massa e de energia.

### **9.1 BALANÇA RODOVIÁRIA**

A Figura 27 ilustra a balança rodoviária utilizada para medir a massa da carga de soja do caminhão.

Figura 27 - Balança rodoviária





Fonte: Superplanador, 2020.

As especificações da balança estão representadas no Quadro 6.

Quadro 6 - Especificações da balança rodoviária

Nome do equipamento	Balança Rodoviária
Tipo	Rocker Pin
Material	Aço Inoxidável
Grau de Proteção	IP 68 hermeticamente selada
Precisão	OIML - Classe III
Capacidade nominal (t)	40
Excitação recomendada (vcc)	de 10 a 25
Sensibilidade (mV/V)	2
Não linearidade	< 0,0180
Sobrecarga nominal	150%
Custo (R\$)	30.500,00

Fonte: Adaptado de Superplanador, 2020.

## 9.2 MOEGA

A recepção dos grãos é feita por uma moega (Figura 28).

Figura 28 - Moega de recepção de grãos



Fonte: TORNUM, 2020.

As especificações estão no Quadro 7.

Quadro 7 - Especificações da moega

Nome do equipamento	Moega de grãos
Marca	TORNUM
Comprimento (m)	4,5
Capacidade máxima (t/h)	30

Fonte: Adaptado de TORNUM, 2020.

Não foi obtido resposta quanto ao custo da moega, porém fazendo pesquisas de mercado com moegas de outros tipos de produtos, estipulou-se o valor de R\$ 35.000,00.

### 9.3 SILO

A armazenagem da soja será feita por silos planos, pois possuem um ótimo custo-benefício para a empresa. Segundo o calendário de plantio e colheita de grãos no Brasil (MAPA, 2019a) no estado do Paraná, onde será localizada a *Soy Health*, o período de colheita da soja é durante os meses de janeiro até o início de maio. Dessa maneira, para suportar a demanda por soja, foi escolhido um silo plano de modelo TCZ01014 com capacidade para armazenar 1115 toneladas de soja (Figura 29). A compra desse silo inclui as correias, elevadores, roscas, transportadoras do tipo

redler, tudo para armazenar e transportar a soja de forma segura e capaz de manter a umidade adequada. As especificações do silo são mostradas no Quadro 8.

Figura 29 - Silos planos do modelo TCZ01014



Fonte: Famtun, 2020.

Quadro 8 - Especificações do silo

Nome do equipamento	Silo de armazenagem
Marca	Famtun
Modelo	TCZ01014
Material	Aço galvanizado
Tipo de fundo	Tremonha 45°
Dimensões - L x W x H (m)	10 x 10 x 24
Equipamento adicional 1	Elevador de caneca
Equipamento adicional 2	Transportador
Capacidade (t)	1115
Custo (US\$)	45.000,00

Fonte: Adaptado de Famtun, 2020.

#### 9.4 BALANÇA INDUSTRIAL

Para medir a vazão mássica é utilizada balança integradora que são equipamentos que pesam o material transportado sobre esteiras e a velocidade do deslocamento, resultando no valor do fluxo em massa por tempo e o total transportado.

Figura 30 - Balança integradora



Fonte: Huaxin, 2020.

As especificações da balança se encontram no Quadro 9.

Quadro 9 - Especificações da balança integradora

Nome do equipamento	Balança integradora
Marca	Huaxin
Modelo	ICS-A
nº de sensores	4
Custo (US\$)	500,00

Fonte: Adaptado de Huaxin, 2020.

## 9.5 PENEIRA

Foi escolhido a peneira vibratória Velopen modelo 4-10-2 (Figura 31) cuja as especificações estão no Quadro 10.

Figura 31 - Peneira vibratória Velopen 4-10-2



Fonte: Will Máquinas, 2020.

Quadro 10 - Especificações da peneira

Nome do equipamento	Peneira vibratória
Tipo	Duplo estágio
Material	Aço inox 304
Marca	Velopen
Modelo	4-10-2
Capacidade Max (kg/h)	200
Diâmetro da 1ª chapa (mm)	5
Diâmetro da 2ª chapa (mm)	2
Saída (in)	3,5
Largura (mm)	400
Comprimento (mm)	920
Potência motor 1 (cv)	0,5
Potência motor 2 (cv)	0,5
Agitação (rpm)	1450/1750
Voltagem (V)	220/380/440/960
Custo (R\$)	1.500,00

Fonte: Adaptado de Will Máquinas, 2020.

## 9.6 DESCASCADORA DE GRÃOS

A descascadora (Figura 32) utilizada no processo será a de modelo DSG120 com a capacidade de processamento de até 120 Kg/h.

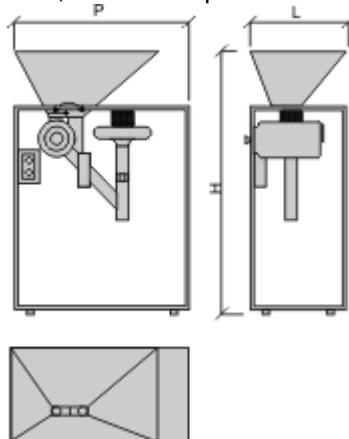
Figura 32 - Descascadora de soja



Fonte: SojaMac, 2020.

A Figura 33 mostra a descascadora de soja em visão lateral, frontal e superior.

Figura 33 - Visão lateral, frontal e superior da descascadora de soja



Fonte: SojaMac, 2020.

As especificações do equipamento se encontram no Quadro 11.

Quadro 11 - Especificações da descascadora de soja

Modelo	DSG120
Capacidade do reservatório (kg)	20
Capacidade do moinho (kg/h)	120
Motor do moinho (cv)	1,5
Motor da turbina (cv)	1/3
Voltagem (V)	220
Peso (kg)	92
Dimensões (cm)	80x44x127
Custo (R\$)	8.900,00

Fonte: Adaptado de SojaMac, 2020.

## 9.7 TANQUES DE HIDRATAÇÃO

Pelo balanço de massa da hidratação, sabe-se que dentro dos tanques de hidratação terá uma massa total de 92,4188 kg de soja e 138,6283 kg de água. Segundo a EMBRAPA, a massa específica da soja varia entre 774,5 a 811,1 kg/m<sup>3</sup>, adotando o valor de 800 kg/m<sup>3</sup>, encontra-se o valor de 0,1155 m<sup>3</sup> (115,5 L). Utilizando a massa específica da água como 1000 kg/m<sup>3</sup>, o volume de água nos tanques será de 0,1386 m<sup>3</sup> (138,6 L). Portanto dentro dos tanques deverá ter um volume total mínimo de 0,2541 m<sup>3</sup> (254,1 L). A disposição dos seis tanques é feita como mostra a Figura 34.

Figura 34 - Tanques de hidratação



Fonte: yslfood, 2020.

As especificações são em relação a apenas um tanque de hidratação e são mostradas no Quadro 12.

Quadro 12 - Especificações do tanque de hidratação

Nome do equipamento	Máquina automática de imersão de soja
Marca	TIANGANG
Modelo	TDXT-2D
Potência (W)	700
Tensão (V)	220
Peso (kg)	200
L x W x H (m)	1,2 x 0,8 x 1,5
Capacidade máxima (kg de soja)	250
Custo (US\$)	3.500,00

Fonte: Adaptado de TIANGANG, 2020.

## 9.8 MOINHO

O moinho escolhido para a *Soy Health* será do modelo JMF80, mostrado na Figura 35.

Figura 35 - Moinho modelo JMF80





Fonte: KAIQUAN, 2019.

As especificações do moinho estão no Quadro 13.

Quadro 13 - Especificações do moinho

Modelo	JMF80
Marca registrada	KAIQUAN
Tipo	Triturador de rolo
Objeto	Metal
País de origem	China
Capacidade do moinho (kg/h)	300-1000
Potência (kW)	3
Tensão de alimentação (V)	380
Velocidade (r/min)	1700-3500
Comprimento (cm)	83
Largura (cm)	41
Altura (cm)	86
Peso (kg)	130
Custo (US\$)	600,00

Fonte: Adaptado de KAIQUAN, 2019.

## 9.9 TANQUE PARA TRATAMENTO TÉRMICO

O tanque utilizado para realizar o tratamento térmico tem capacidade de 1000 litros (Figura 36). As especificações estão no Quadro 14.

Figura 36 - Tanque para o tratamento térmico



Fonte: Flowtam, 2020.

Quadro 14 - Especificações do tanque de aquecimento

Nome do equipamento	Tanque térmico isolado
Marca	Flowtam
Modelo	Flowtam-JBG
Volume (L)	1000
D x h (mm)	1060 x 1220
Camada isolante (mm)	50
Custo (US\$)	4.000,00

Fonte: Adaptado de Flowtam, 2020.

## 9.10 CENTRÍFUGA

Serão utilizadas 2 centrífugas filtrante de modelo PD1500 (Figura 37) para centrifugar e separar a okara do leite de soja.

Figura 37 - Centrífuga filtrante PD1500



Fonte: WANDA, 2020.

As especificações da centrífuga estão no Quadro 15.

Quadro 15 - Especificações da centrífuga filtrante

Nome do equipamento	Centrífuga filtrante
Marca	WANDA
Modelo	PD1500
Tensão (V)	220
Potência do motor (kW)	22
Velocidade (r/min)	0 a 850
Diâmetro (mm)	1500
Peso (kg)	5500
Capacidade (L)	600
Custo (US\$)	8.000,00

Fonte: Adaptado de WANDA, 2020.

## 9.11 RESFRIADORES

Os dois primeiros resfriamentos são feitos com os tanques de resfriamento do modelo RLG-1B e o último resfriamento é feito com o tanque de modelo TTC-F, mostrados nas Figuras 38 e 39, respectivamente. As especificações dos tanques estão nos Quadros 16 e 17.

Figura 38 - Tanque de resfriamento RLG-1B



Fonte: RAYEN, 2020.

Figura 39 – Tanque de resfriamento TTC-F



Fonte: JG/OEM, 2020.

Quadro 16 – Especificações do tanque de resfriamento RLG-1B

Nome do equipamento	Tanque de resfriamento
Marca	RAYEN
Modelo	RLG-1B
Tensão (V)	120

Velocidade agitador (rpm)	36
Potência (kW)	3,8
Refrigerante	R22
Dimensões (mm)	2800 X 1200 X 1500
Volume de trabalho (L)	1000
Custo (US\$)	2.600,00

Fonte: Adaptado de RAYEN, 2020.

Quadro 17 – Especificações do tanque de resfriamento JG-0.5

Nome do equipamento	Tanque de resfriamento
Marca	JG/OEM
Modelo	TTC-F
Tensão (V)	220
Velocidade agitador (rpm)	36/24
Potência (kW)	1,5
Refrigerante	R22
Dimensões (mm)	2200 X 1350 X 1150
Volume de trabalho (L)	500
Custo (US\$)	2.185,00

Fonte: Adaptado de JG/OEM, 2020.

## 9.12 HOMOGENEIZADOR

O homogeneizador utilizado será do modelo BK-0.8/25, com taxa de processamento de 800 L/h.

Figura 40 – Homogeneizador BK-0.8/25



Fonte: BKEY, 2020.

As especificações estão no Quadro 18.

Quadro 18 - Especificações do homogeneizador

Nome do Equipamento	Homogeneizador de alta pressão
Modelo	BK-0.8/25
Fluxo (L/h)	800
Dimensões (mm)	1020 X 676 X 1065
Tensão (V)	380
Peso (kg)	400
Pressão máxima (MPa)	25
Pressão nominal (MPa)	20
Potência do motor (kW)	5,5
Custo (US\$)	3.500,00

Fonte: Adaptado de BKEY, 2020.

### 9.13 PASTEURIZADOR

O pasteurizador escolhido para a *Soy Health* é do modelo E-1 (Figura 41) e as suas especificações estão no Quadro 19.

Figura 41 – Pasteurizador E-1



Fonte: Ucan, 2020.

Quadro 19 - Especificações do pasteurizador

Nome do equipamento	Pasteurizador
Marca	Ucan
Modelo	E-1
Tensão (V)	220
Potência (kW)	5,2
Temperatura (°C)	65-135
Área de troca térmica (m <sup>2</sup> )	8
Capacidade (t/h)	1
Dimensões (cm)	150 X 150 X 180
Peso (kg)	880
Custo (US\$)	12.900,00

Fonte: Adaptado de Ucan, 2020.

## 9.14 FERMENTADORES

Para realizar a fermentação de modo contínuo serão necessários 8 fermentadores do modelo RLG-2BBL (Figura 42).

Figura 42 - Fermentador



Fonte: RAYEN, 2020.

As especificações desse fermentador são mostrados no Quadro 20.

Quadro 20 - Especificações do fermentador

Nome do equipamento	Fermentador com controle de temperatura
Marca	RAYEN
Modelo	RLB-2BBL
Material	Aço Inoxidável
Tensão (V)	110
Comprimento (mm)	700
Largura (mm)	700
Altura (mm)	1850
Volume (L)	500
Custo (US\$)	2.000,00



Fonte: Adaptado de RAYEN, 2020.

### 9.15 TANQUE DE ADIÇÕES FINAIS

O tanque de mistura para as adições finais do iogurte é mostrado na Figura 43.

Figura 43 - Tanque de mistura



Fonte: Ucan, 2020.

As especificações do tanque estão no Quadro 21.

Quadro 21 - Especificações do tanque de mistura

Nome do equipamento	Tanque de mistura
Marca	Ucan
Certificação	ISO 9001:2000
Volume de trabalho (L)	500
Peso (kg)	90
Dimensões (cm)	84x100
Altura (cm)	230
Isolamento (cm)	6
Potência do motor (kW)	0,75

Velocidade do misturador (rpm)	20,35,50,100,500 e 2900
Custo (US\$)	1.900,00

Fonte: Adaptado de Ucan, 2020.

## 9.16 EMBALADORES

O envasador e embalador escolhido será o embalador modelo PKJ-APK201, mostrado na Figura 44 e as suas especificações estão no Quadro 22. Esse embalador pode ser adaptado tanto para a embalagem do leite quanto para a embalagem do iogurte, portanto, serão necessárias duas unidades desse equipamento.

Figura 44 - Embalador modelo PKK-APK201



Fonte: PEKOE, 2020.

Quadro 22 - Especificações do embalador de leite

Nome do equipamento	Embaladora automática
Marca	PEKOE
Modelo	PKJ-APK201
Tensão (V)	220
Peso (kg)	850
Dimensões (cm)	350 X 165 X 180
Capacidade (Embalagem/hora)	3000
Custo (US\$)	15.000,00

Fonte: Adaptado de PEKOE, 2020.

### 9.17 TROCADORES DE CALOR

Necessita-se descobrir a área de troca térmica para escolher o trocador de calor a ser utilizado. A taxa de transferência de calor no trocador de calor também pode ser expressa na forma análoga à lei de Newton do resfriamento, como mostrado na Equação 63 (ÇENGEL; GHAJAR, 2012).

$$\dot{Q} = UA_t\Delta T_{lm} \quad (63)$$

Onde  $U$  é o coeficiente global de transferência de calor,  $A_t$  é a área de troca térmica e  $\Delta T_{lm}$  é a diferença de temperatura média logarítmica entre o fluido quente e fluido frio. Segundo o Çengel e Ghajar (2012) o coeficiente global de transferência de calor em um trocador usando vapor como fonte de calor varia entre 1000 a 6000 W/m<sup>2</sup>K, dessa maneira foi adotado o valor de 1000 W/m<sup>2</sup>K para realizar os cálculos. A diferença de temperatura média logarítmica é dada pela Equação 64.

$$\Delta T_{lm} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln(\Delta T_1 / \Delta T_2)} \quad (64)$$

Em que  $\Delta T_1$  e  $\Delta T_2$  representam as diferenças de temperatura entre os dois fluidos na entrada e na saída. As Tabelas 30 e 31 mostram os valores da diferença de temperatura média.

Tabela 30 - Diferença de temperatura média logarítmica no primeiro trocador de calor

	Água	Vapor	$\Delta T(^{\circ}\text{C})$
<b>Te (<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b>	25	145	120
<b>Ts (<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b>	45	145	100
<b><math>\Delta T_{lm}(^{\circ}\text{C})</math></b>	109,7		

Fonte: Autoria própria, 2020.

Tabela 31 - Diferença de temperatura média logarítmica no segundo trocador de calor

	Água	Vapor	$\Delta T(^{\circ}\text{C})$
<b>Te (<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b>	25	145	120
<b>Ts (<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b>	80	145	65
<b><math>\Delta T_{lm} (^{\circ}\text{C})</math></b>	89,7		

Fonte: Autoria própria, 2020.

Os valores da área de troca térmica dos trocadores estão na Tabela 32.

Tabela 32 - Área de troca térmica dos trocadores de calor

	Trocador 1	Trocador 2
<b><math>\dot{Q}(\text{kJ/kg})</math></b>	11587	173034
<b><math>\Delta T_{lm} (^{\circ}\text{C})</math></b>	109,7	89,707
<b>Área (<math>\text{m}^2</math>)</b>	0,0293	0,5358

Fonte: Autoria própria, 2020.

A quantidade de calor a ser trocado no primeiro trocador é pequena em relação ao segundo, dessa maneira, para o primeiro trocador foi escolhido um trocador de calor de placas (Figura 45).

Figura 45 - Trocador de calor de placas



Fonte: RINNAI, 2020.

As especificações do trocador de calor de placas estão no Quadro 23.

Quadro 23 - Especificações do trocador de calor de placas

Nome do equipamento	Trocador de calor de placas
Marca	Rinnai
Modelo	M1508
Quantidade máxima de calor (kcal/h)	18000
Pessão (kgf/cm <sup>2</sup> )	4
Peso (kg)	1,6
Dimensões (mm)	210 X 130 X 26
Custo (R\$)	704,90

Fonte: Adaptado de RINNAI, 2020.

O segundo trocador de calor será de casco e tubo com um fluxo paralelo.

Figura 46 - Trocador de calor casco e tubo



Fonte: Shanghai Jiangxing, 2020.

As especificações desse trocador de calor estão no Quadro 24.

Quadro 24 - Especificações do trocador de calor de casco e tubo

Nome do equipamento	Trocador de calor de casco e tubo
Marca	Shanghai Jiangxing
Modelo	GLC1

Área de transferência térmica (m <sup>2</sup> )	0,4-1,2
Pressão (MPa)	0,6-1,6
Dimensões (mm)	2095 x 193 x 273
Custo (US\$)	100,00

Fonte: Adaptado de Shanghai Jiangxing, 2020.

## 9.18 CALDEIRA

A *Soy Health* não necessita de uma grande quantidade de vapor, portanto, foi escolhida a utilização de caldeiras elétricas.

Figura 47 - Caldeira elétrica



Fonte: Enntech, 2020.

Os modelos da caldeira variam de acordo com a quantidade produzida de vapor, não existe uma caldeira elétrica que supre a demanda total de vapor da indústria, dessa maneira, será utilizado uma caldeira de modelo GL120KW e uma caldeira de modelo GL160KW, em que produzem uma quantidade de vapor de 186 kg/h e 256 kg/h, respectivamente.

As especificações estão no Quadro 25 e 26.

Quadro 25 - Especificações da caldeira GL120KW

Nome do equipamento	Caldeira vertical
Marca	Enntech
Modelo	GL120KW
Combustível	Eletricidade
Pressão do vapor (MPa)	0,4 - 0,7

Temperatura do vapor (°C)	145 - 175
Potência (kW)	120
Voltagem (V)	380
Vapor gerado (kg/h)	186
L x W x H (mm)	1225 x 1325 x 1800
Peso (kg)	390
Custo (US\$)	5.500,00

Fonte: Adaptado de Enntech, 2020.

Quadro 26 - Especificações da caldeira GL160KW

Nome do equipamento	Caldeira vertical
Marca	Enntech
Modelo	GL160KW
Combustível	Eletricidade
Pressão do vapor (MPa)	0,4 - 0,7
Temperatura do vapor (°C)	145 - 175
Potência (kW)	160
Voltagem (V)	380
Vapor gerado (kg/h)	256
L x W x H (mm)	1225 x 1325 x 1800
Peso (kg)	420
Custo (US\$)	8.000,00

Fonte: Adaptado de Enntech, 2020.

## 9.19 VÁLVULAS

Válvulas são dispositivos destinados a estabelecer, controlar e interromper o fluxo em uma tubulação. São acessórios mais importantes existentes nas tubulações e por isso merecem cuidado na seleção e especificação (TELLES, 2001). Na *Soy Health* serão utilizadas válvulas de bloqueio e válvulas de regulagem.

As válvulas de bloqueio estabelecem ou interrompem o fluxo. Serão utilizadas para a segurança ou para a manutenção quando necessita a interrupção de alguma etapa de produção. As válvulas de bloqueio no processo serão do tipo válvula gaveta (Figura 48) e terá um total de 22 válvulas deste tipo.

Figura 48 - Válvula gaveta



Fonte: WDS OEM, 2020.

Quadro 27 - Especificações da válvula gaveta

Nome do equipamento	Válvula gaveta
Marca	WDS OEM
Modelo	Z45x-16/10
Material	Aço Inox
Diâmetro	5"
Temperatura (°C)	-10 a 150
Custo (US\$)	80,00

Fonte: Adaptado de WDS OEM, 2020.

As válvulas de regulação são destinadas para controlar o fluxo, podendo trabalhar em qualquer posição de fechamento parcial. A válvula solenoide (Figura 49) é fundamental para automação industrial, sendo possível fechar, dosar, distribuir ou misturar o fluxo de gás, líquido e óleo, garantindo controle ou proteção (Jefferson, 2020). Serão utilizadas as válvulas solenoides nos trocadores de calor, no pasteurizador, nos resfriamentos e nos fermentadores totalizando 12 válvulas.



Figura 49 - Válvula solenoide



Fonte: Sanlixin, 2020.

Quadro 28- Especificações da válvula solenoide

Nome do equipamento	Válvula solenoide
Tipo	Controle
Marca	Sanlixin
Modelo	GC
Material	Aço Inox
Diâmetro	4"
Custo (US\$)	100,00

Fonte: Adaptado de Sanlixin, 2020.

## 9.20 BOMBAS E COMPRESSORES

Existem dois tipos de bombas, as de deslocamento positivo ou volumétrica e as dinâmicas ou turbobombas. As bombas de deslocamento positivo têm a capacidade de manter a vazão praticamente constante para qualquer nível de pressão (FILIPPO FILHO, 2015).

A bomba helicoidal, ou bomba de cavidades progressivas, é uma bomba de deslocamento positivo muito utilizado em diversos ramos da indústria, sendo vantajoso para produtos mais viscosos, permite um maior controle de vazão e pressão de trabalho em fluxo contínuo, não altera as propriedades dos fluidos e tem baixo risco de cavitação (VALDIR GEREMIA, 2020). No processo de fabricação do leite e do iogurte de soja, serão utilizadas 14 bombas helicoidais.

Figura 50 - Bomba helicoidal



Fonte: s.Blue, 2020.

Quadro 29 - Especificações da bomba helicoidal

Nome do equipamento	Bomba helicoidal
Marca	s.Blue
Modelo	PS2000 P1BNT
Carcaça	PVC
Estator	Borracha NBR
Unidade rotativa	Inox 316
Articulação	Borracha 366
Selo mecânico	Inox 304
Potência (HP)	0,5
Vazão máxima (L/h)	2000
Pressão máxima (bar)	4
Custo (R\$)	1.650,00

Fonte: Adaptado de s.Blue, 2020.

As bombas centrífugas são utilizadas para o transporte de fluido através da conversão de energia cinética de rotação para a energia hidrodinâmica do fluxo do fluido. Os usos mais comuns incluem a sucção de água, esgoto, petróleo e bombeamento na petroquímica (ASBOMBAS, 2020). A *Soy Health* contará com 4 bombas centrífugas que serão utilizadas quando o fluido for água, tanto no processo quanto no tratamento de efluentes.

Figura 51 - Bomba centrífuga



Fonte: ELETROPLAS, 2020.

Quadro 30 - Especificações da bomba centrífuga

Nome do equipamento	Bomba centrífuga
Marca	Eletroplas
Modelo	MCS-NX 1.0
Material	Aço Inox
Peso (kg)	10
L x A x P (cm)	21,5 x 22,0 x 31,0
Potência (CV)	1
Frequência (Hz)	60
Custo (R\$)	922,36

Fonte: Adaptado de ELETROPLAS, 2020.

Os compressores são máquinas de deslocamento de fluidos gasosos. Serão utilizados 2 compressores para o deslocamento do vapor das caldeiras.

Figura 52 - Compressor



Fonte: AIRTECH, 2020.

Quadro 31 - Especificações do compressor

Nome do equipamento	Compressor
Marca	AIRTECH
Modelo	HP40C
Pressão (bar)	7
Voltagem (V)	110 - 220
Diâmetro	1/4"
Som (dB)	50
Peso (kg)	7
Custo (US\$)	60,00

Fonte: Adaptado de AIRTECH, 2020.

## 10 ESPECIFICAÇÕES DE EQUIPAMENTOS LABORATORIAIS

Os equipamentos para o laboratório de análise da matéria-prima são a mufla e a balança industrial digital e os dois laboratórios possuem a balança de precisão.

Figura 53 - Mufla



Fonte: 7lab, 2020.

Quadro 32 - Especificações da mufla

Nome do equipamento	Forno mufla digital
Marca	7Lab
Modelo	BioFM 6,7L
Volume (L)	6,7
Temperatura de trabalho (°C)	100 - 1200
Sistema de aquecimento	Resistencia fio Kanthal
Custo (R\$)	3.544,00

Fonte: Adaptado de 7lab, 2020.

Figura 54 - Balança industrial digital



Fonte: Ramuza, 2020.

Quadro 33 - Especificações da balança industrial

Nome do equipamento	Balança industrial
Marca	Ramuza
Modelo	1054 DCRCL 15
Tipo	Digital e eletrônica

Capacidade (kg)	15
Peso (kg)	3,4
L x A x P (cm)	32 x 13,5 x 36
Voltagem (V)	110 - 220
Custo (R\$)	575,91

Fonte: Adaptado de Ramuza, 2020.

Figura 55 - Balança de precisão



Fonte: Bel, 2020.

Quadro 34 - Especificações da balança de precisão

Nome do equipamento	Balança de precisão
Marca	Bel
Modelo	S2202H
Capacidade (g)	2200
Resolução (g)	0,01
Voltagem (V)	110 - 220
Amperagem (A)	1
Peso (kg)	2,08
L x A x P (cm)	40 x 30 x 20
Custo (R\$)	2.128,05

Fonte: Adaptado de Bel, 2020.

Os equipamentos para o segundo laboratório são pHmetro, condutivímetro, refratômetro, capela de exaustão de gases, espectrofotômetro e microscópio.

Figura 56 - pHmetro



Fonte: Simpla, 2020.

Quadro 35 - Especificações pHmetro

Nome do equipamento	pHmetro de bancada
Marca	Simpla
Modelo	PH140
Faixa de medição (pH)	0 a 14
Faixa de medição (°C)	0 a 100
L x A x P (mm)	195 x 78 x 230
Dimensão eletrodo (cm)	65
Dimensão sonda de temperatura (cm)	85
Peso (g)	780
Custo (R\$)	1.389,20

Fonte: Adaptado de Simpla, 2020.

Figura 57 - Condutivímetro



Fonte: Bel, 2020.

Quadro 36 - Especificações condutivímetro

Nome do equipamento	Condutivímetro de bancada
Marca	Bel
Modelo	W12D
Voltagem (V)	220
L x A x P (mm)	210 x 205 x 65
Peso (kg)	1,9
Custo (R\$)	1.950,00

Fonte: Adaptado de Bel, 2020.

Figura 58 - Refratômetro



Fonte: Milwaukee, 2020.

Quadro 37 - Especificações refratômetro

Nome do equipamento	Refratômetro digital
Marca	Milwaukee
Modelo	MA871
Escala (°Brix)	0 a 85
Resolução (°Brix)	0,1
Faixa de temperatura (°C)	0 a 80
Resolução (°C)	0,1
Tempo de medição (s)	~1,5
L x A x P (cm)	30 x 30 x 30
Peso (kg)	1,1
Custo (R\$)	912,05

Fonte: Adaptado de Milwaukee, 2020.



Figura 59 - Capela de exaustão de gases



Fonte: HQ, 2020.

Quadro 38 - Especificações da capela de exaustão

Nome do equipamento	Capela de exaustão
Marca	HQ
Modelo	SP60N
Dimensões (mm)	600 x 520 x 600
Peso (kg)	15
Voltagem (V)	110, 220
Custo (R\$)	2.669,96

Fonte: Adaptado de HQ, 2020.

Figura 60 - Espectrofotômetro



Fonte: Global Analyzer, 2020.

Quadro 39 - Especificações do espectrofotômetro

Nome do equipamento	Espectrofotômetro digital
Marca	Global Analyzer
Modelo	GT7220
Faixa de comprimento de onda (nm)	320-1000
Banda de passagem (nm)	5
Voltagem (V)	220
L x A x P (cm)	56 x 48 x 29
Peso (kg)	13,5
Custo (R\$)	4239,05

Fonte: Adaptado de Global Analyzer, 2020.

Figura 61 - Microscópio



Fonte: Global Optics, 2020.

Quadro 40 - Especificações do microscópio

Nome do equipamento	Microscópio biológico trinocular
Marca	Global Optics
Modelo	NO115T
Faixa de aumento	40x - 1000x
Inclinação	30°
rotação	360°
Voltagem (V)	110 - 220
Custo (R\$)	2556,42

Fonte: Adaptado de Global Optics, 2020.

Existem outros equipamentos, porém foram citados os que ocupam maior espaço e os mais custosos, para auxílio no *layout* e na análise financeira.

## 11 INTEGRAÇÃO ENERGÉTICA

A integração energética em indústrias é uma técnica na qual são combinadas correntes quentes e frias do processo em trocadores de calor, de modo que o consumo de utilidades seja reduzido e, conseqüentemente, os custos de operação. Existem diversas técnicas, porém uma das técnicas mais utilizadas é a análise *Pinch*, que utiliza de conceitos termodinâmicos para melhorar a eficiência no uso de energia, minimizando o consumo de utilidades (OLIVEIRA, 2014).

A *Soy Health* busca a sustentabilidade e uma melhor eficiência energética. Dessa maneira foi feita uma análise para uma possível integração energética entre correntes. A Tabela 33 ilustra as correntes quentes e frias que serão analisadas na metodologia *Pinch* (as correntes foram numeradas de acordo com o PFD, na Figura 74).

Tabela 33 - Propriedades das correntes quentes e frias

Corrente	$\dot{m}$ (kg/h)	$C_p$ (kJ/kg.K)	$T_i$ (°C)	$T_f$ (°C)	$\dot{Q}$ (kJ/h)	Tipo de corrente
8	139,9897	4,1790	25	45	11700,3391	Fria
11	756,4597	4,1790	25	80	173868,4797	Fria
Água	105,0550	4,1790	25	35	4390,2485	Fria
20	802,3604	10,9650	100	45	483883,4982	Quente
18	802,3604	10,9650	95	35	527872,9072	Quente

Fonte: Autoria própria, 2020.

As escolhas das correntes para a integração energética foram detalhadas no Apêndice A. Para a escolha das correntes também deve ser considerada a mínima diferença permitida de temperatura entre as correntes ( $\Delta T_{min}$ ). O  $\Delta T_{min}$  é uma das variáveis mais importantes na análise *Pinch* e sua escolha é baseada em critérios econômicos (FERNANDES JUNIOR, 2009). Segundo Anapolski e Indrusiak (2015), o  $\Delta T_{min}$  usualmente utilizado em projetos de integração é de 10°C.

Utilizando a Tabela 33, plota-se o diagrama de cascata para visualizar os intervalos e direção das correntes quentes e frias.

Figura 62 - Diagrama de cascata

T(°C)	Correntes					$\dot{m}C_p$ (kJ/h°C)
	8	11	Água	20	18	
95						-8797,8818
90						17595,7636
85						14434,5185
50						13849,5015
40						-4612,5949
30						
$\dot{m}C_p$ (kJ/h°C)	585,0170	3161,2451	439,0248	-8797,8818	-8797,8818	

Fonte: Autoria própria, 2020.

Conhecendo os intervalos, pode-se calcular o consumo das utilidades realizando a cascata de calor (Quadro 41) para conhecer o excesso de calor disponível entre as correntes e transferir esse excesso para outra corrente.

Quadro 41 - Cascata de calor

T (°C)	$\Delta T$ (°C)	$\dot{m}C_p$ (kJ/h°C)	$\dot{Q}$ (kJ/h)	Cascata 1 (kJ/h)	Cascata 2 (kJ/h)
95		0		0	-43989,4089
90	5	-8797,8818	-43989,4089	-43989,4089	0
85	5	-17595,7636	-87978,8179	-131968,2268	87978,8179
50	35	-14434,5185	-505208,1470	-637176,3738	593186,9649
40	10	-13849,5015	-138495,0153	-775671,3891	731681,9802
30	10	-4612,5949	-46125,9490	-821797,3381	861740,1130

Fonte: Autoria própria, 2020.

Visualiza-se a troca de calor entre as correntes também pelo diagrama de rede de trocadores de calor localizado no Apêndice B. No Quadro 41, observa-se que na cascata 1 não possui valores positivos, portanto não se tem consumo de utilidades quentes. Na cascata 2 tem-se que o maior valor é o consumo de utilidade fria que tem que suprir na integração energética (861740,1130 kJ/h) e nos cálculos da quantidade

de calor dos 2 resfriamentos tem-se o valor de 1011756,4054 kJ/h, com isso obtém-se uma redução de utilidade fria de 14,83%.

## 12 TRATAMENTO DE RESÍDUOS E DE EFLUENTES

### 12.1 RESÍDUOS SÓLIDOS

O primeiro resíduo sólido do processo é a casca da soja obtida após a etapa de descascamento. A casca da soja pode ser comercializada para alimentação de animais, principalmente como ração de ruminantes. Pode ser comercializada na forma de casca ou peletizada, mostrada na Figura 63. Para cada tonelada de soja processada são gerados 50 kg da casca da soja (MENDES, 2007).

Figura 63 – Casca de soja peletizada e normal



Fonte: AGROCERES MULTIMIX, 2018.

A etapa de trituração gera um resíduo conhecido como okara (mostrada na Figura 64), que é coletado após a filtração do centrifugado. Ele contém grandes quantidades de água (85% b.u.), proteínas (40% b.s.) e lipídeos (20% b.s.) além de sais minerais, vitaminas e fitormônios (isoflavonas) naturalmente presentes na soja. Dessa forma esse resíduo pode ser vendido para indústrias alimentícias, em que

diversos estudos da aplicação da farinha de okara em formulações de alimentos como: bolachas, cereal, pão francês, hambúrguer, demonstram que há várias alternativas para o aproveitamento desse composto na alimentação humana (GRIZOTTO, 2014).

Figura 64 – Okara



Fonte: GREENME, 2014.

## 12.2 ÁGUA RESIDUÁRIA

No processo de produção de leite e iogurte de soja da *Soy Health*, o único processo que descarta água é a lavagem e hidratação da soja, contendo as impurezas sólidas que ainda restam após o peneiramento. Portanto, o tratamento escolhido é a coagulação-floculação e decantação, que consiste no ato de separar, por meio da gravidade (ou ajuda de produtos químicos), os sólidos sedimentáveis que estão contidos na água (OPERSAN, 2015).

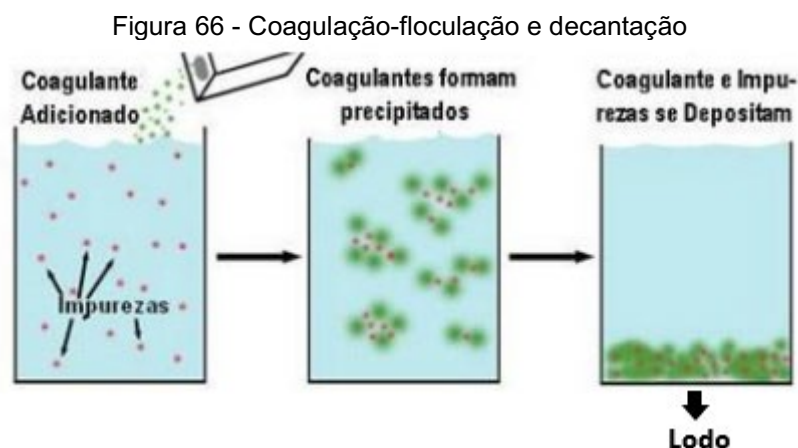
Figura 65 - Diagrama de blocos do tratamento de efluentes



Fonte: Autoria própria, 2020.

Inicialmente, é adicionado um coagulante que promove a aglutinação e o agrupamento das partículas a serem removidas, tornando o peso específico maior que

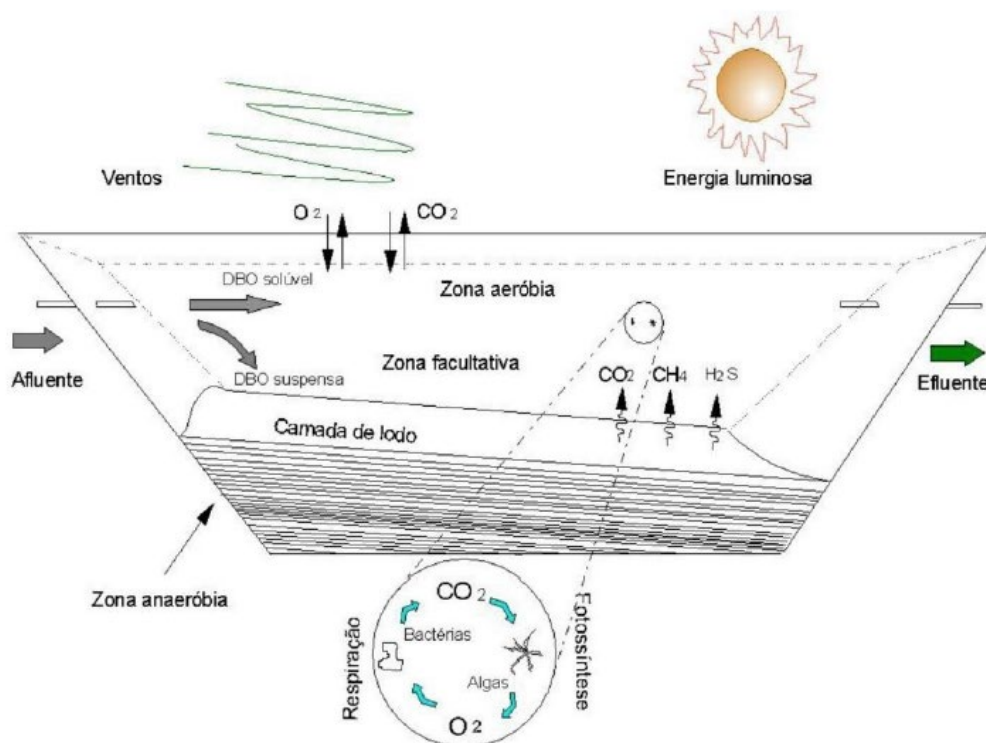
o da água, facilitando a decantação. Capta-se a água da parte superior do tanque e no fundo da lagoa de decantação ocorre o depósito das partículas sólidas formando o lodo. A etapa de coagulação-floculação e decantação é representado na Figura 66.



Fonte: Adaptado de NaturalTec, 2020.

Após a lagoa de decantação, a água é encaminhada para a lagoa facultativa, que é um sistema de tratamento biológico em que a estabilização da matéria orgânica acontece em duas camadas, superior aeróbia e inferior anaeróbia, até atingir os parâmetros legais para serem descartados no corpo hídrico. O lodo pode ser utilizado nas plantações de soja.

Figura 67 - Funcionamento de uma lagoa facultativa



Fonte: VON SPERLING, 2005.

Ao entrar na lagoa facultativa, a matéria orgânica pode ser dissolvida, levemente particulada, ou em granulometria maior. Essas características físicas corroboram para o destino dessa matéria bem como os tipos de microrganismos que farão sua estabilização.

A matéria orgânica em suspensão tende a sedimentar e se acumular no fundo da lagoa, formando o lodo de fundo, em que é decomposto por bactérias anaeróbias, o que não é decomposto nessa etapa é chamado de matéria inerte. A matéria orgânica de menor dimensão e dissolvida fica dispersa na lagoa e sua decomposição ocorre por bactérias aeróbias e facultativas. A matéria orgânica próxima a superfície da lagoa é decomposta pelas bactérias aeróbias onde a obtenção de oxigênio é mais fácil (principalmente das algas que liberam oxigênio no processo de fotossíntese). Em regiões com menor concentração de oxigênio, em maiores profundidades, existem as bactérias facultativas, em que realizam a degradação da matéria orgânica tanto por meio aeróbio quanto anaeróbio (VASCONCELOS, 2020).



### 12.3 SISTEMA DE LIMPEZA DOS EQUIPAMENTOS

Com o intuito de manter a higienização dos produtos, a *Soy Health* optou pelo processo mais utilizado em indústrias alimentícias o CIP (*Clean in Place*), um processo que consiste em ciclos de lavagens sem desmontar ou transportar os equipamentos. Sendo esse um sistema inteligente se tornou o método padrão para indústrias já que reduz o erro humano. Esse processo por vez só precisa de apenas dois tipos de componentes químicos, soda cáustica e ácido fosfórico além da água (MUELLER, 2017). O procedimento está descrito de uma forma geral no Quadro 42.

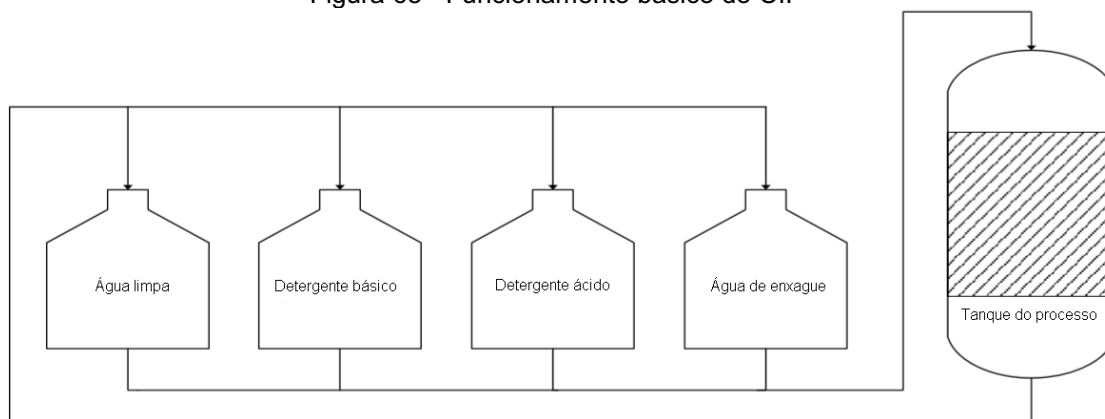
Quadro 42 - Fases do CIP

<b>Fase</b>	<b>Objetivo</b>
Pré-lavagem com água.	Remover a maioria das sujeiras.
Limpeza com solução alcalina.	Remover resíduos orgânicos (principalmente proteínas e gordura).
Enxague.	Enxague e recuperação da solução alcalina.
Limpeza com solução ácida.	Remover resíduos sólidos.
Enxague.	Enxague e recuperação da solução ácida.
Desinfecção/esterilização.	Higienização e desinfecção.
Enxágue final.	Remover desinfetantes.

Fonte: Adaptado de MUELLER, 2017.

Inicialmente, no tanque ilustrado na Figura 68, é feita uma pré-lavagem para retirada dos sólidos. Posteriormente, ocorre a passagem da soda cáustica e do ácido fosfórico, que são reciclados em seus próprios tanques. O tanque é higienizado e desinfetado e, por último, ocorre um enxague para remoção dos desinfetantes do tanque (MUELLER, 2017).

Figura 68 - Funcionamento básico do CIP



Fonte: Adaptado de Mueller (2017).

## 12.4 VALIDAÇÃO DA LIMPEZA

Durante o processamento, a higiene dos equipamentos deve ser planejada ao máximo para que não haja transferência de microrganismos de superfícies contaminadas para o alimento.

Para validar que os equipamentos estão higienizados, Oliveira (2019) sugere que seja realizada análises microbiológicas nos equipamentos. As análises consistem em utilizar uma coleta direta da superfície utilizando o método do *swab* e em paralelo realiza-se a análise da água de enxague do equipamento. As análises microbiológicas serão realizadas nos laboratórios da indústria.

Para Oliveira (2019) não existe um método unificado para validação da higiene, o que a torna legítima é a coleta de dados obtidos nas análises. A *Soy Health* se compromete em realizar análises microbiológicas constantes para legitimar a inexistência de microrganismos e quando não for possível, será realizada a higienização dos equipamentos.

Para garantir a máxima higiene dos equipamentos, também será realizada uma lavagem semanal dos equipamentos (SANTOS, 2010).

A partir da análise do processo e dimensionamento dos tanques, foi estimado uma necessidade de 942,92 kg de soda cáustica e ácido fosfórico e água para

execução da CIP. Nos dias em que se realiza a lavagem, a produção é interrompida, é feito um pré-tratamento da água utilizada no CIP com a análise e correção do pH, em seguida o tratamento é realizado da mesma maneira que a água descartada no processo.

Figura 69 - Sistema CIP



Fonte: King Machine, 2020.

Quadro 43 - Especificações do Sistema CIP

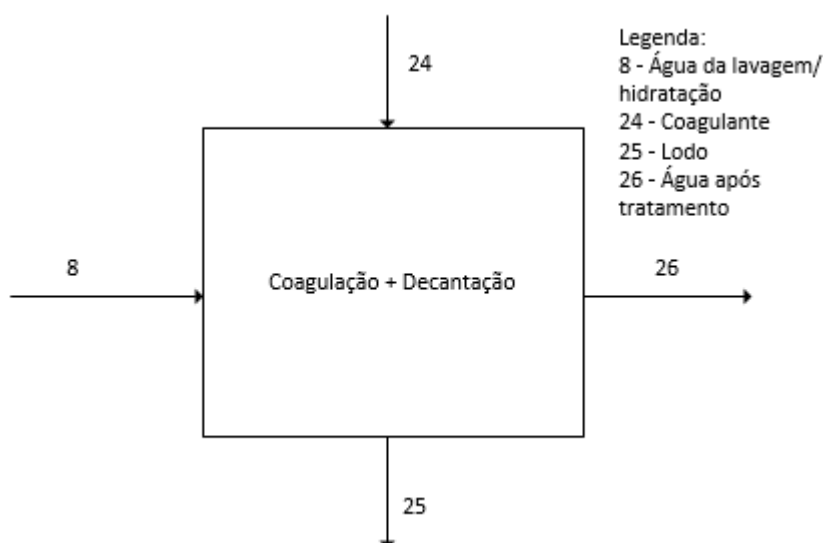
Nome do equipamento	Sistema CIP
Marca	King Machine
Modelo	Split type & Integral type
Material	Aço Inoxidável
Tensão (V)	380
Comprimento (m)	3
Largura (m)	1,65
Altura (m)	2
Volume (L)	500
Custo (US\$)	15.000,00

Fonte: Adaptado de King Machine, 2020.

### **13 BALANÇO DE MASSA PARA O TRATAMENTO DE EFLUENTE**

Segundo Satyanarayan (2004), a quantidade de DQO e DBO<sub>5</sub> na água residual na fabricação de produtos da soja é de 4260  $mg.L^{-1}$  e 1850  $mg.L^{-1}$  respectivamente. A quantidade de sólidos totais em suspensão é de 49% dos sólidos totais. A Figura 70 representa as entradas e saídas da coagulação-floculação e decantação.

Figura 70 – Correntes para a coagulação-floculação e decantação



Fonte: Autoria própria, 2019.

O balanço de massa global é:

$$\dot{m}_8 + \dot{m}_{24} = \dot{m}_{25} + \dot{m}_{26} \quad (65)$$

Satyanarayan (2004) aponta que o coagulante com melhor resultado é com a mistura de cloreto férrico com concentração de  $300 \text{ mg.L}^{-1}$  e polímero *oxyfloc-FL-11* com concentração  $30 \text{ mg.L}^{-1}$ , obtendo uma redução de 96,6% dos sólidos em suspensão, 76,3% da DQO e 81,4% da DBO. O pH resultante da água é de 5,7.

A corrente de entrada da lagoa é a água utilizada na lavagem e hidratação, considerando a massa específica da água de aproximadamente  $1 \text{ kg.L}^{-1}$ , o valor da vazão volumétrica é de  $40,9372 \text{ L.h}^{-1}$  ( $982,4928 \text{ L.d}^{-1}$ ). Com as quantidades de impureza presente na corrente 8, e com a quantidade de DBO, DQO e coagulante conhecidas, assim como as porcentagens de redução, calculou-se o balanço de massa (Tabela 34).

Tabela 34 - Vazões mássicas para a coagulação e decantação

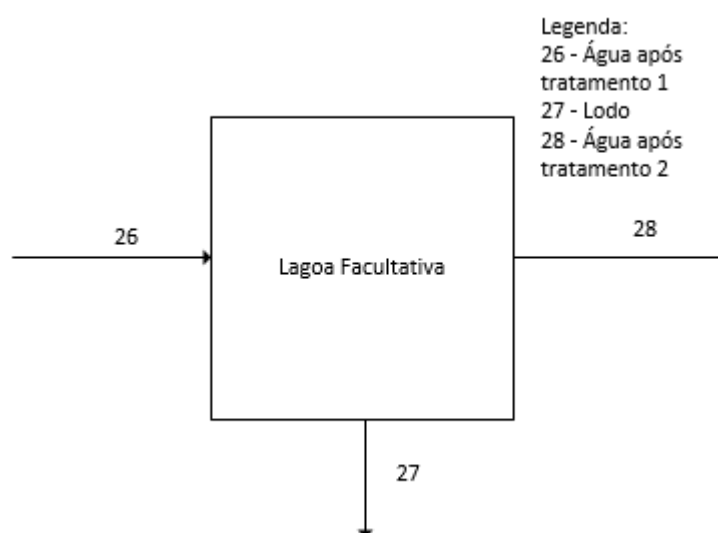
Corrente	8	24	25	26
	Vazão (kg/d)	Vazão (kg/d)	Vazão (kg/d)	Vazão (kg/d)

SS	11,7006	0,0000	11,3028	0,3978
DBO <sub>5</sub>	1,8176	0,0000	1,4795	0,3381
DQO	4,1854	0,0000	3,1935	0,9919
Cloreto férrico	0,0000	0,2947	0,2947	0,0000
Polímero	0,0000	0,0295	0,0295	0,0000
<b>Total</b>	<b>17,7036</b>	<b>0,3242</b>	<b>16,3000</b>	<b>1,7278</b>

Fonte: Aatoria própria, 2019.

A água (corrente 26) é encaminhada até a lagoa facultativa. Truppel (2002), Sánchez e Matsumoto (2013) dão resultados de redução de 27% de sólidos totais em suspensão, 56,8% de DQO e eficiência na redução de DBO de 78,7%. A Figura 71 representa a lagoa facultativa.

Figura 71 – Correntes para a lagoa facultativa



Fonte: Aatoria própria, 2019.

Conhecendo a vazão volumétrica da água de  $982,4928 \text{ L} \cdot \text{d}^{-1}$  calcula-se a concentração de sólidos em suspensão, DBO<sub>5</sub> e DQO da água pela divisão das vazões mássicas dos componentes com a vazão volumétrica da água.

$$C^i = \frac{\dot{m}^i}{\dot{v}_{H_2O}} \quad (66)$$

A concentração de DBO que entra na lagoa facultativa é de  $343,4338 \text{ mg.L}^{-1}$ .

As Equações 67 e 68 representam o balanço de massa para o tratamento biológico contínuo em relação a DBO (substrato) e biomassa.

Substrato:

$$\dot{v}.S_0 - \dot{v}.S_e - r_s.V = 0 \quad (67)$$

Biomassa:

$$-\dot{v}.X_e + r_X.V = 0 \quad (68)$$

Em que:

$\dot{v}$  é a vazão volumétrica;

$S_0$  é a concentração inicial de substrato;

$S_e$  é a concentração de substrato no efluente;

$V$  é o volume da lagoa;

$r_s$  é a taxa de consumo de substrato;

$X_e$  é a concentração de biomassa no efluente;

$r_X$  é a taxa de formação de biomassa.

A concentração final de substrato é encontrada utilizando a Equação 69, com o valor da eficiência ( $E$ ) já conhecida.

$$E = \frac{S_0 - S_e}{S_0} \cdot 100 \quad (69)$$

A concentração final de substrato é de  $73,1514 \text{ mg.L}^{-1}$ , valor dentro das normas da resolução N°430, de 13 de maio de 2011 da CONAMA (2011). Segundo Piveli (2000), utilizando o Modelo de Monod, considerando a hipótese hidrodinâmica, encontra-se a taxa de consumo de substrato

$$r_s = \frac{K \cdot X_e \cdot S_e}{K_s + S_e} \quad (70)$$

Em que:

$K$  é a máxima taxa de utilização de substrato por unidade de massa de microrganismo e de tempo;

$K_s$  é a constante de saturação.

O coeficiente e de síntese celular ( $Y$ ) é dado por:

$$Y = \frac{r_X}{(-r_s)} \quad (71)$$

O tempo de detenção hidráulica ( $t_d$ ) é dado pela divisão da vazão volumétrica ( $\dot{v}$ ) pelo volume da lagoa ( $V$ ). Com essas considerações, as Equações 67 e 68 se reduzem a:

$$\frac{S_0 - S_e}{t_d} = k' \cdot S_e \quad (72)$$

$$X_e = \frac{Y(S_0 - S_e)}{1 + k_d \cdot t_d} \quad (73)$$

Em que:

$k' = K \cdot X_e$  (coeficiente da taxa global de remoção de substrato);

$k_d$  é o coeficiente de respiração endógena.

Combinando as Equações 72 e 73, encontra uma equação simplificada para encontrar o tempo de detenção hidráulica.

$$t_d = \frac{1}{Y \cdot K \cdot S_e - k_d} \quad (74)$$



Balasha (1975), Metcalf & Eddy (1991) encontraram os valores cinéticos para tratamento biológico a 20°C (Quadro 44).

Quadro 44 - Valores cinéticos a 20°C

$K$ ( $L \cdot mg^{-1} \cdot d^{-1}$ )	$k'$ ( $d^{-1}$ )	$Y$	$k_d$ ( $d^{-1}$ )
0,031	6,7	0,4	0,075

Fonte: Adaptado de Balasha, 1975.

Realizando os cálculos encontra o valor de tempo de detenção hidráulica igual a 1,21  $d$ , o volume da lagoa de 1149,28  $L$  e concentração de biomassa formada igual a 99,12  $mg \cdot L^{-1}$ .

Os resultados do balanço de massa são mostrados na Tabela 35.

Tabela 35 – Vazões mássicas para a lagoa facultativa

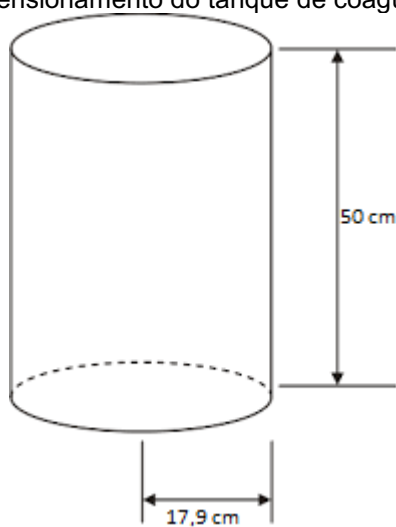
<b>Corrente</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>
	Vazão (kg/d)	Vazão (kg/d)	Vazão (kg/d)
SS	0,3978	0,1074	0,2904
DQO	0,9919	0,5634	0,4285
Substrato	0,3381	0,1211	0,0698
Biomassa	0,000	0,1472	0,0000
<b>Total</b>	<b>1,7278</b>	<b>0,9391</b>	<b>0,7887</b>

Fonte: Autoria própria, 2019.

### 13.1 DIMENSIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS DO TRATAMENTO DE EFLUENTES

No tanque de coagulação-floculação tem-se a passagem de aproximadamente 40  $L \cdot h^{-1}$  de água, dessa maneira, escolheu-se um tanque com 50  $L$  de volume.

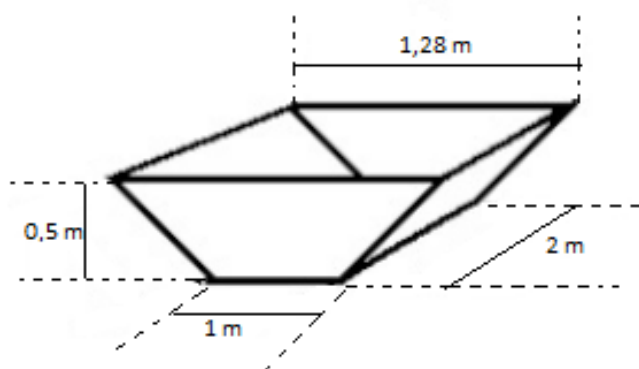
Figura 72 - Dimensionamento do tanque de coagulação-floculação



Fonte: Autoria própria, 2020.

O volume da lagoa facultativa é de 1149,28 L, portanto o dimensionamento é mostrado na Figura 73.

Figura 73 - Dimensionamento da lagoa facultativa



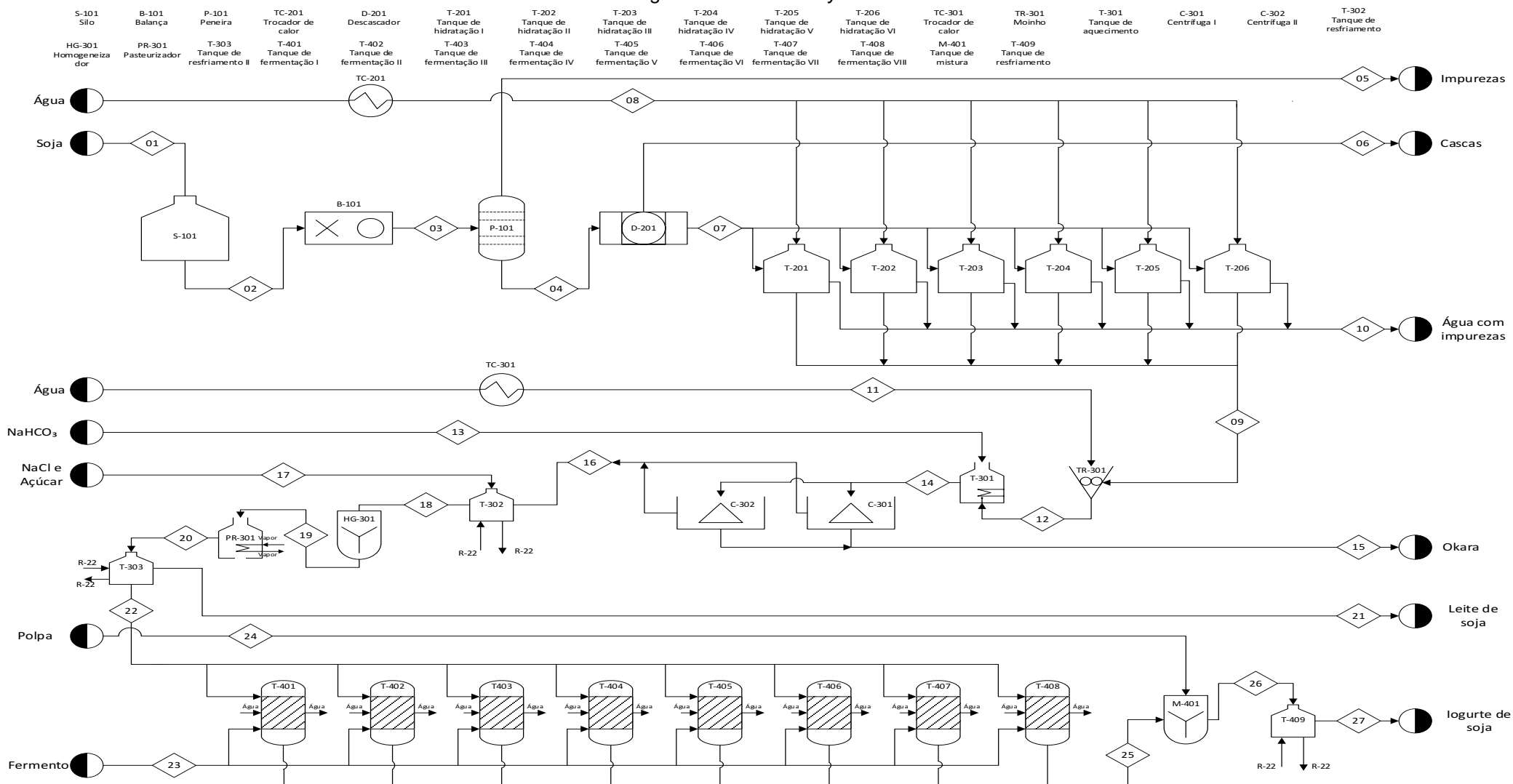
Fonte: Autoria própria, 2020.

## 14 DIAGRAMA DE FLUXO DE PROCESSO

O Diagrama de Fluxo de Processo, em inglês *Process Flow Diagram* (PFD) ilustra a disposição dos equipamentos e acessórios necessários para realizar um processo, as suas conexões, as taxas de fluxos, as composições e as condições de operação (SHAH, 2016). O PFD é normalmente desenhado em uma forma pictórica estilizada usando símbolos de padrões internacionais, ISO 10628 (TOWLER; SINNOTT, 2012).

O PFD da *Soy Health* foi feito com o auxílio do programa Visio da Microsoft e está ilustrado na Figura 74 (MICROSOFT CORPORATION, 2016). As informações complementares estão no Apêndice C.

Figura 74 - PFD da Soy Health

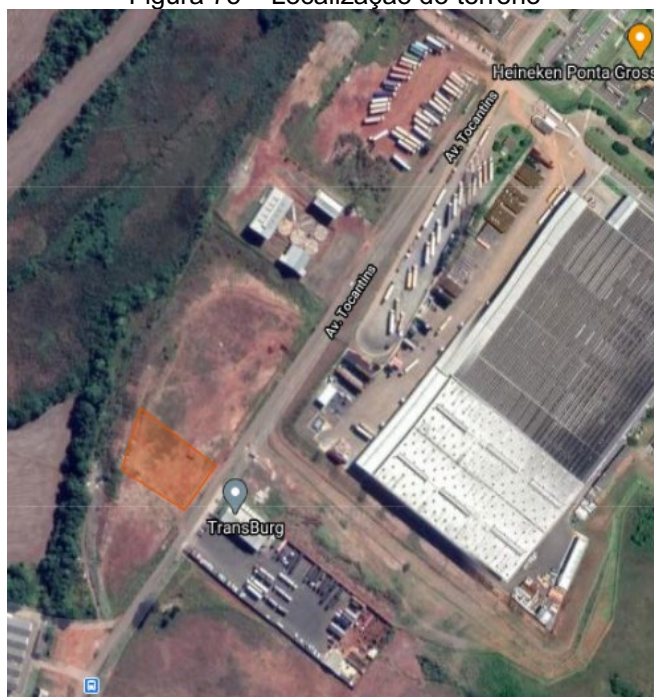


Fonte: Autoria própria, 2020.

## 15 LAYOUT E PLANTA BAIXA

O terreno da *Soy Health* está localizado na zona industrial de Ponta Grossa, na Avenida Tocantins, bairro Cará-Cará, com uma área de 4.516,24 m<sup>2</sup> e um valor de R\$ 587.000,00.

Figura 75 – Localização do terreno



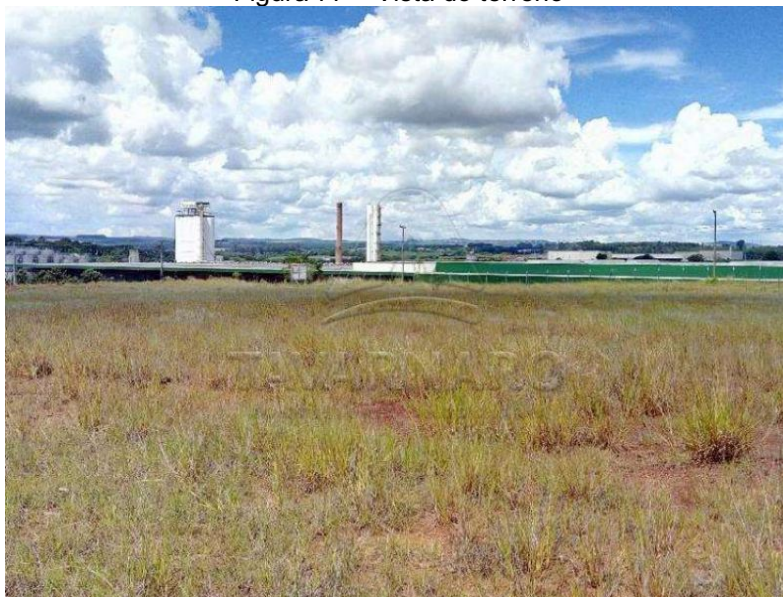
Fonte: Autoria própria, 2020.

Figura 76 - Demarcação do terreno



Fonte: Autoria própria, 2020.

Figura 77 – Vista do terreno



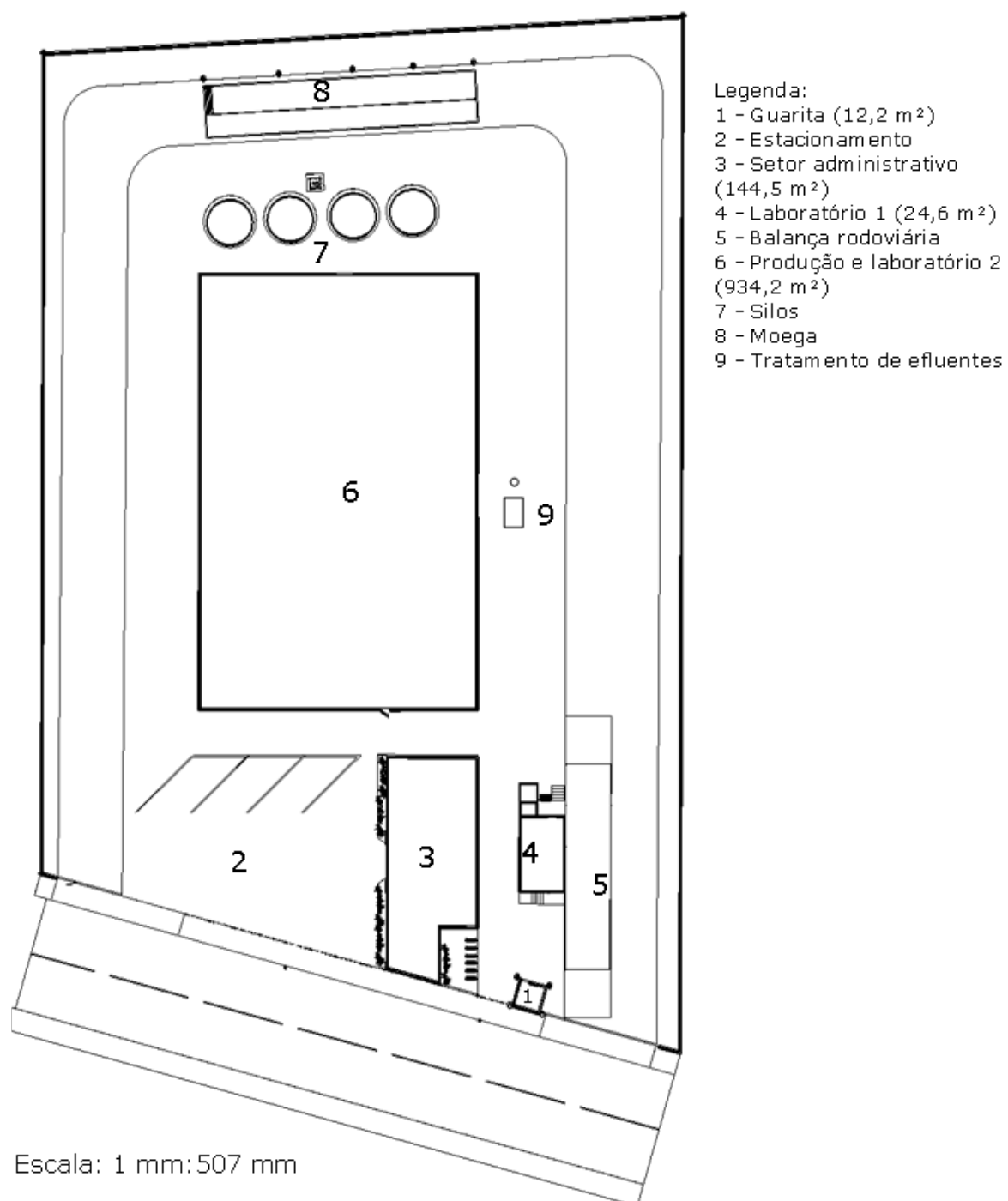
Fonte: CHAVES NA MÃO, 2020.

O *layout* industrial consiste na organização do espaço, considerando o tamanho dos equipamentos, o espaço necessário para operá-los e corredores para transição da matéria-prima (LEÃO, 2018). Um bom planejamento pode trazer resultados expressivos, como uma melhoria da qualidade de estoque, redução do deslocamento de materiais, produtos, pessoas, utilização racional do espaço disponível, viabilização de supervisão e qualidade, entre outros (MOREIRA, 2015).

A *Soy Health* contará com setor para estacionamento, administração, produção e laboratório.

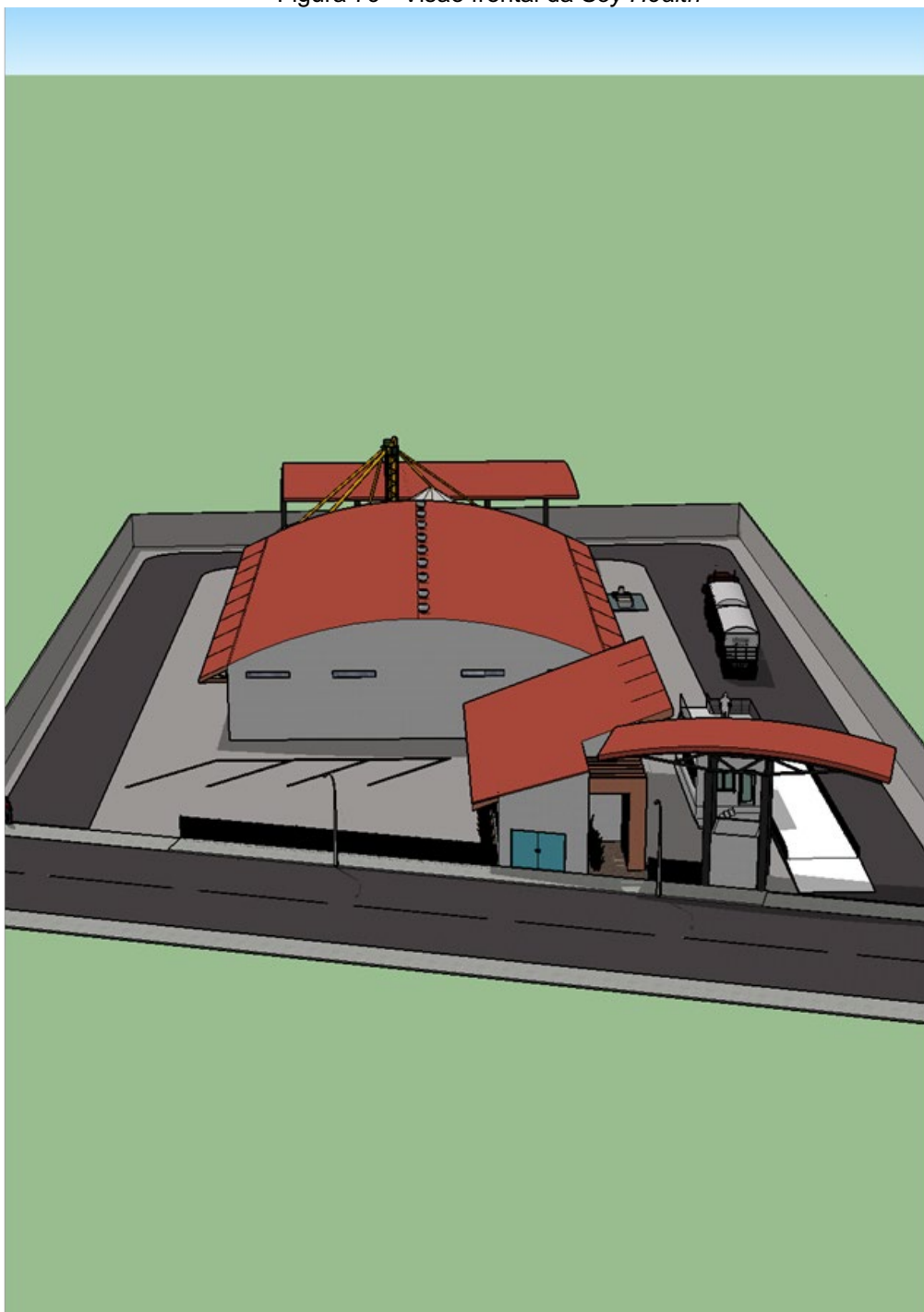
O *layout* e a planta baixa foram realizados com auxílio dos programas *SketchUp Make 2017* e *SketchUp LayOut 2017* (TRIMBLE, 2017).

O *layout* 2d de toda a unidade da indústria está na Figura 78 e o *layout* 3d da parte frontal e da parte traseira da indústria estão nas Figuras 79 e 80, respectivamente.

Figura 78 - *Layout 2d da indústria*

Fonte: Autoria própria, 2020.

Figura 79 - Visão frontal da Soy Health



Fonte: Autoria própria, 2020.



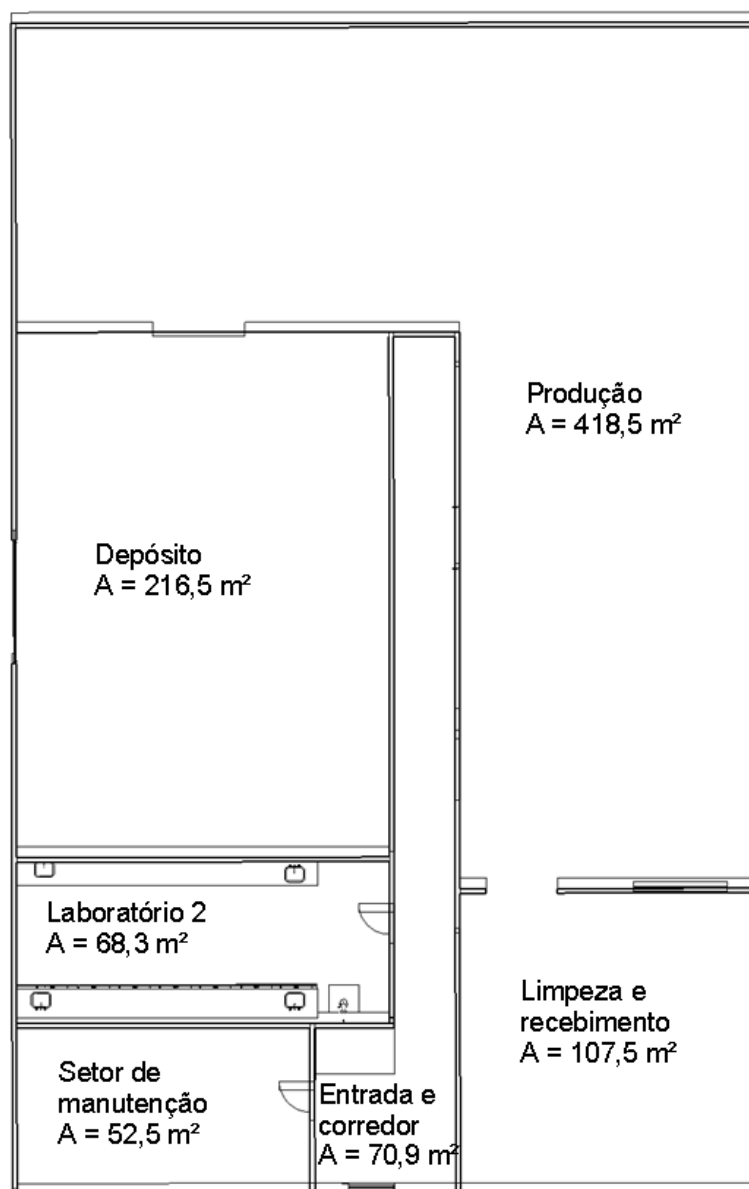
Figura 80 - Visão traseira da Soy Health



Fonte: Autoria própria, 2020.

A parte da produção e do segundo laboratório, na Figura 78 é o lugar representado pelo número 6, foi melhor detalhado pelo seu *layout* 2d e 3d e planta baixa.

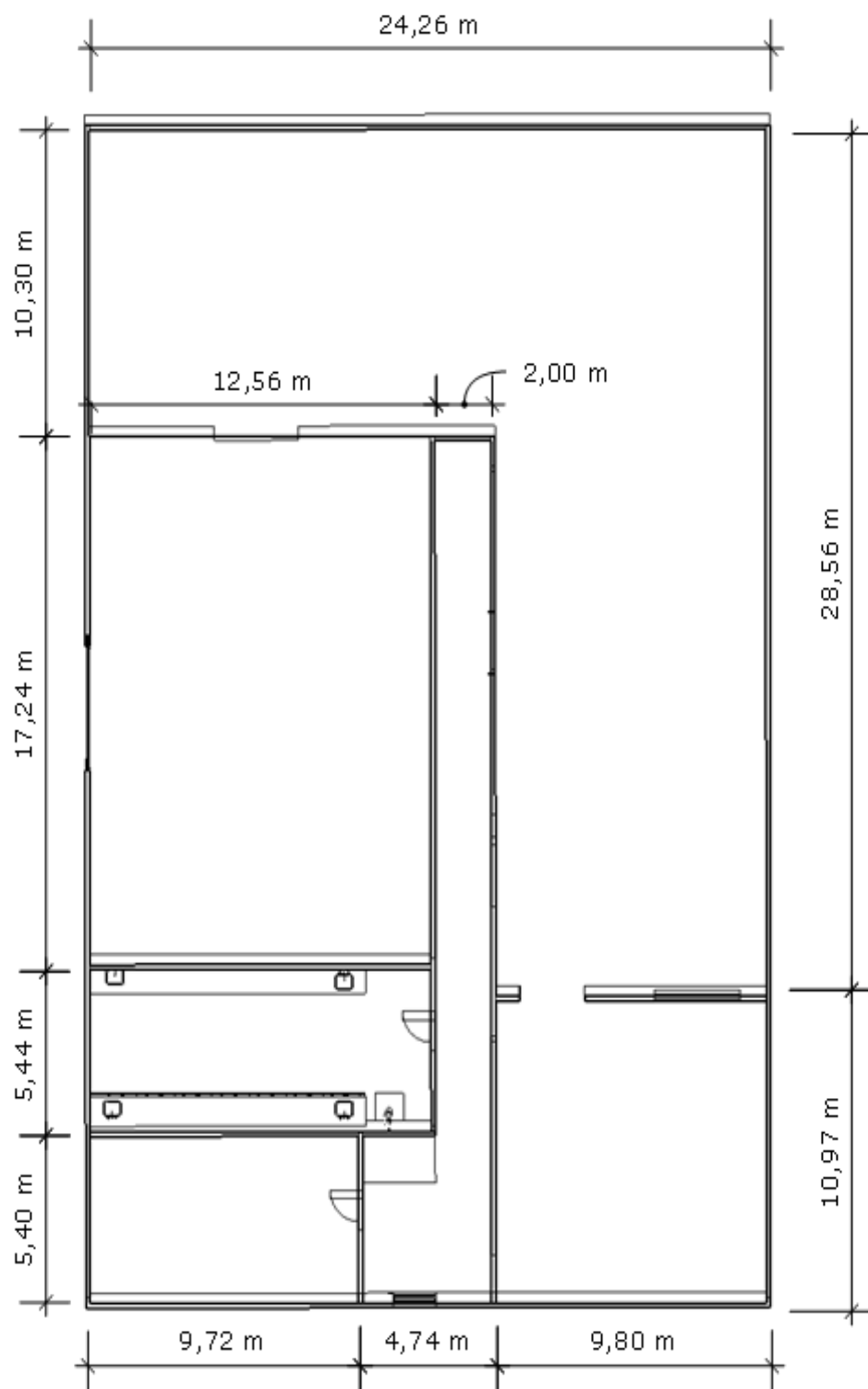
Figura 81 - Layout 2d da produção



Escala: 1 mm:180mm

Fonte: Autoria própria, 2020.

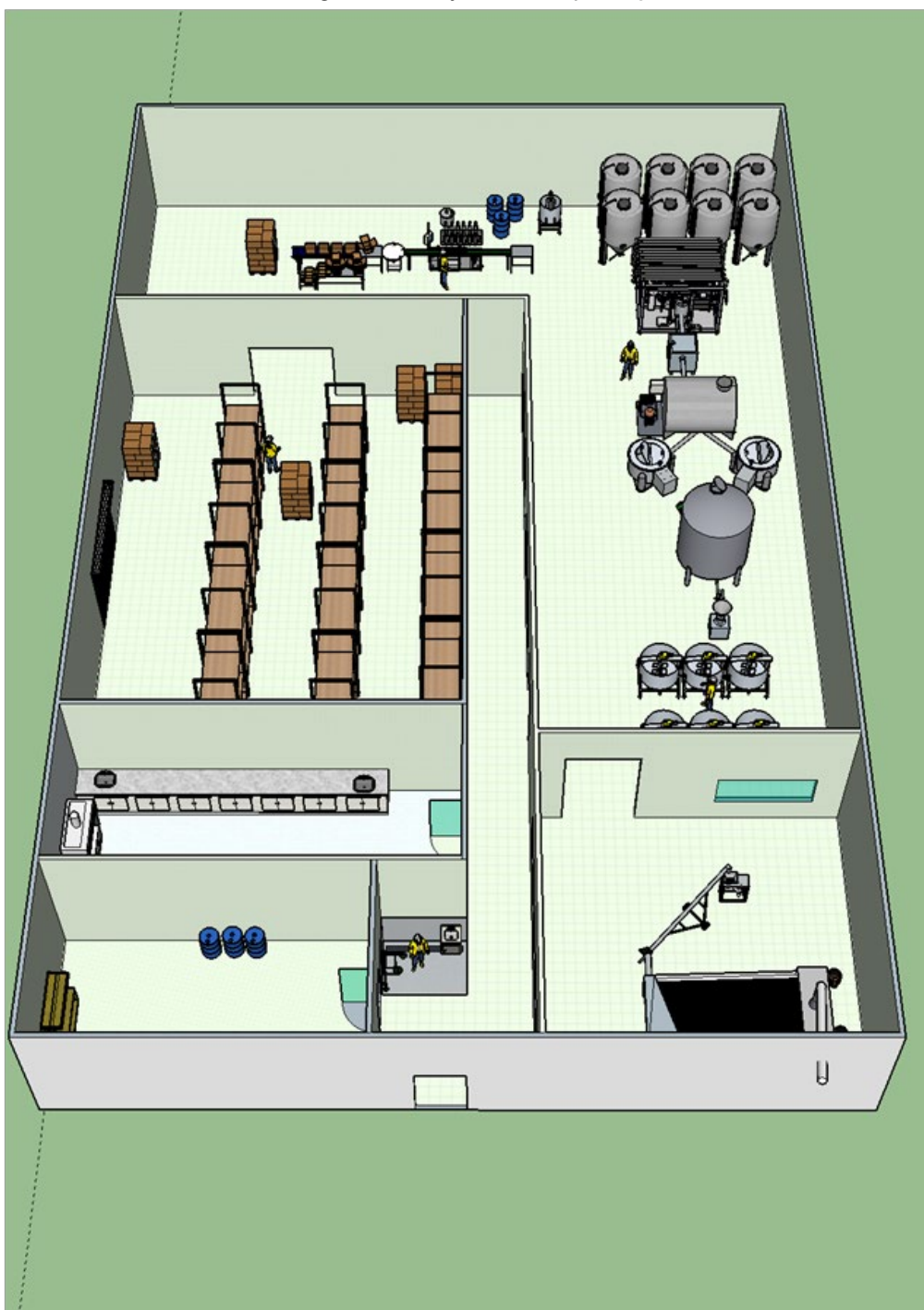
Figura 82 - Planta baixa do setor de produção



Escala: 1 mm : 250 mm

Fonte: Autoria própria, 2020.

Figura 83 - Layout 3d da produção



Fonte: Autoria própria, 2020.

## 16 ANÁLISE FINANCEIRA

Analisar as demonstrações financeiras, em empresas de qualquer ramo, ajuda a definir os pontos positivos e negativos de todo o desempenho operacional e capital. E em posse dessa análise é possível detectar problemas de gestão, tomar decisões estratégicas e expandir as atividades econômicas (ORPLAN, 2020).

A análise financeira precisa ter um enfoque holístico, abrangendo a estratégia da empresa, suas decisões de investimento e de financiamento e suas operações (SILVA, 2018).

Conhecendo a importância de se verificar a viabilidade econômica, realizou-se a análise financeira da *Soy Health*. Essa análise foi realizada em dólar americano em que no dia 3 de setembro de 2020 estava o equivalente a R\$ 5,31 (IDEALSOFTWARES, 2020).

### 16.1 INVESTIMENTOS

Um dos primeiros passos para um plano financeiro é o investimento inicial onde é contabilizado todos o necessário para que a empresa funcione, a aquisição, construção e instalação no terreno, máquinas e equipamentos.

Devem ser feitos investimentos iniciais para a compra do terreno de Ponta Grossa, para a construção da infraestrutura e na compra de equipamentos. O terreno tem uma área de 4.516,24 m<sup>2</sup> com o valor total de R\$ 587.000,00 reais. As obras foram calculadas usando os valores de agosto de 2020 disponibilizados pelo Sindicato da Indústria da Construção Civil do Paraná (SINDUSCON-PR), cujo valor da obra industrial e administrativa por metro quadrado é de R\$ 886,80 e R\$ 1.610,21, respectivamente.

Para compras internacionais considerou-se a alíquota do imposto de importação de 60% (BRASIL, 1999b) e o Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) de 2020 do Paraná no valor de 18% (JORNALCONTÁBIL, 2020). De acordo com o decreto N°10.414 desde julho de 2020 está isento o Imposto sobre Operações Financeiras (IOF), com previsão de retorno de cobrança apenas em outubro do mesmo ano (BRASIL, 2020). Este investimento inicial para a *Soy Health*,

baseou-se nos equipamentos de segurança, laboratoriais, infraestrutura que está disposto no Apêndice D.1, onde totaliza um montante de R\$ 2.347.140,37, e equipamentos de produção dispostos no Apêndice D.1 totalizam R\$ 2.023.248,68.

## 16.2 CUSTOS FIXOS

Os custos fixos são aqueles cujos valores não se alteram em razão da quantidade produzida, como exemplo de aluguel da fábrica, depreciação dos equipamentos (BERBEL, 2017). Para este projeto os custos fixos levado em conta foram, folha de pagamento dos funcionários, seguro, IPTU, telefone e internet, onde estão representados no Apêndice D.2 os quais totalizaram R\$ 1.400.039,14.

O custo fixo referente a folha de pagamentos dos funcionários da *Soy Health*, está melhor detalhado no Apêndice D.3.

## 16.3 CUSTOS VARIÁVEIS

Os custos variáveis são aqueles que variam em virtude das quantidades produzidas, como exemplo a matéria-prima, material de embalagem, entre outros. Se os custos são variáveis, à medida que aumenta o volume de atividade, eles também aumentam (BERBEL, 2017). Para este projeto foram levados em conta os seguintes custos variados, insumos e utilidades consumidas durante o processo, melhor representados no Apêndice D.4, totalizando R\$ 9.998.214,23.

O custo com energia foi analisado levando em conta os equipamentos, representado no Apêndice D.4, juntamente a tarifa de energia elétrica de R\$ 0,6323 cobrados pela Companhia Paranaense de Energia Elétrica (COPEL) na cidade de Ponta Grossa (COPEL, 2019).

## 16.4 CAPITAL DE GIRO

O capital de giro é considerado uma parte do investimento que representa a reserva de recursos que serão destinados as necessidades financeiras da empresa ao decorrer do tempo.

Para o investimento do projeto da *Soy Health* considerou-se um capital de giro resultante dos custos fixos e variáveis do primeiro ano, contabilizando R\$ 11.398.253,36.

## 16.5 FINANCIAMENTO

Com um investimento inicial de R\$ 15.795.993,79 que representa tanto o capital de giro quanto os gastos com máquinas, equipamentos e terreno, construção e instalação, será necessário um financiamento, onde deste valor R\$ 4.000.000 virá dos sócios e os 75% restantes serão financiados pelo programa BNDES Crédito Médias Empresas, resultando em R\$ 11.795.993,79, que será pago durante seis anos utilizando o sistema de amortização constante (SAC) com um ano de carência e taxa de 10,52% a.a.

A Tabela 36 representa tanto as parcelas quanto a amortização e juros totais neste empréstimo.

Tabela 36 - Financiamento BNDES (ano)

Ano	Saldo inicial	Juros	Amortização	Prestação	Saldo final
0	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 11.795.993,79
1	R\$ 11.795.993,79	R\$ 1.194.281,04	R\$ 0,00	R\$ 1.194.281,04	R\$ 11.795.993,79
2	R\$ 11.795.993,79	R\$ 1.075.779,30	R\$ 2.359.198,80	R\$ 3.434.978,04	R\$ 9.436.794,99
3	R\$ 9.436.795,03	R\$ 838.910,46	R\$ 2.359.198,80	R\$ 3.198.109,23	R\$ 7.077.596,19
4	R\$ 7.077.596,27	R\$ 602.041,62	R\$ 2.359.198,80	R\$ 2.961.240,39	R\$ 4.718.397,39
5	R\$ 4.718.397,52	R\$ 365.172,78	R\$ 2.359.198,80	R\$ 2.724.371,55	R\$ 2.359.198,59
6	R\$ 2.359.198,76	R\$ 128.303,94	R\$ 2.359.198,80	R\$ 2.487.502,71	R\$ 0,00
Total		R\$ 4.204.489,14	R\$ 11.795.994,00	R\$ 16.000.482,96	

Fonte: Autoria própria, 2020.

Analisando a tabela 36 vemos os juros totais pelo investimento são de R\$ 4.204.489,14.

## 16.6 RECEITA E DEDUÇÕES

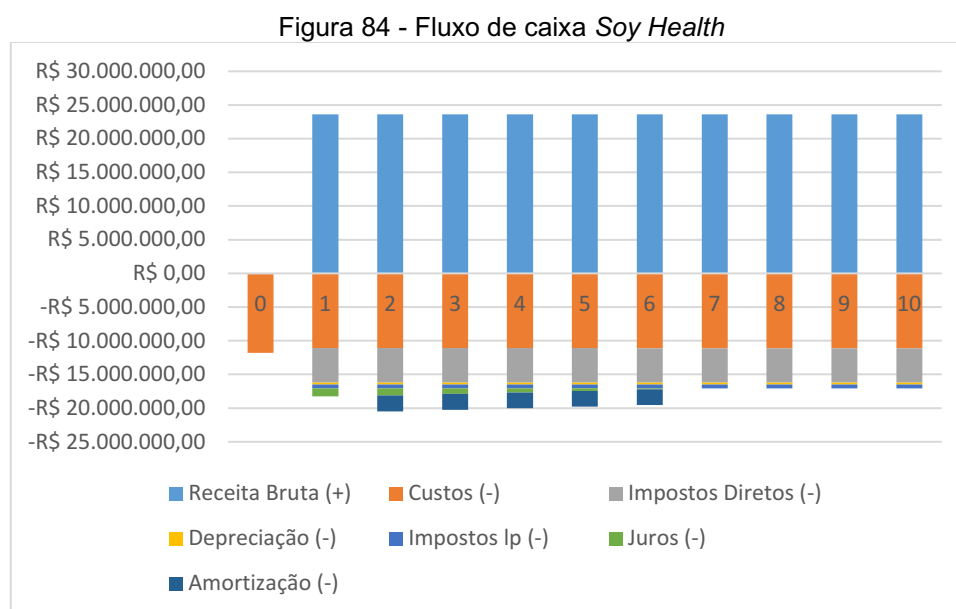
Partindo do pressuposto de que todo leite e iogurte de soja produzido pela *Soy Health* será vendido, a receita bruta gerada seria de R\$ 23.628.082,75, onde os valores de cada produto e cálculo da renda bruta estão dispostos no Apêndice D.5. Como o intuito da *Soy Health* é trazer o leite de origem vegetal pelo mesmo preço ou

até mesmo inferior aos derivados de leite, foi decidido a venda do leite de 1 L por R\$ 2,00 e da bandeja iogurte de 400 ml a R\$ 1,90. Com esse montante de faturamento a empresa se encaixa no lucro presumido, assim para calcularmos a receita líquida foram aplicados os tributos PIS (Programa de Integração Social), COFINS (Contribuição para o financiamento da seguridade social) e ICMS (Imposto sobre circulação de mercadorias e serviços), a receita bruta. E então reduzindo os custos de despesas dessa receita líquida tempos o lucro bruto da empresa. Para o cálculo do lucro líquido foi preciso então aplicar os tributos IRPJ (Imposto de Renda de Pessoa Jurídica), ADIRPJ (Adicional do imposto de Renda de Pessoa Jurídica) e CSLL (Contribuição social sobre o lucro líquido), a receita líquida.

Estes cálculos dos tributos estão representados no Apêndice D.5.

## 16.7 FLUXO DE CAIXA

Com o intuito de demonstrar resultados envolvendo receita e despesas da empresa *Soy Health* cálculos foram feitos e então dispostos em um gráfico de colunas empilhadas, e está representado na Figura 84.



Fonte: Autoria própria, 2020.



A partir da Figura 84 podemos ver com facilidade que a receita é maior desde o primeiro ano, assim como os anos de amortização.

## 16.8 VIABILIDADE ECONÔMICA

Para analisar se a empresa é viável economicamente foram feitos cálculos a partir de algumas ferramentas financeiras, como a taxa mínima de atratividade (TMA) e a taxa interna de retorno (TIR). A TMA por sua vez é a taxa mínima que um investidor irá se propor a ganhar, assim precisamos que o nosso TIR supere a TMA, para que o retorno seja o mínimo esperado assim trazendo mais investidores. A TMA usada é a mesma que a taxa Selic que está em 10%, pois o tesouro nacional considera a taxa Selic como um investimento seguro e com baixo risco. Com os dados obtidos no fluxo de caixa, a TIR calculada foi de 35%. Observa-se que a TIR superou a TMA, dessa maneira prova-se que o investimento na *Soy Health* é rentável.

## 16.9 PAYBACK

O *payback* é uma ferramenta financeira que busca indicar o retorno financeiro de um dado investimento, o valor obtido por essa ferramenta indica qual será o tempo necessário para que o investimento inicial se pague e comece a lucrar.

Para o cálculo do *payback* também é necessário o cálculo do valor presente líquido (VPL), Equação 75, que será o indicador de viabilidade.

$$VPL = \sum_{r=0}^N \frac{FC_r}{(1+TMA)^r} \quad (75)$$

Onde FC é o fluxo de caixa em um determinado ano, que por sua vez é representado pelo índice  $n$ .

A Tabela 37, apresenta os valores de fluxo de caixa, valor presente e do *payback*, onde é calculado somando o *payback* do ano anterior com o valor presente do ano atual.

Tabela 37 - *Payback* do investimento

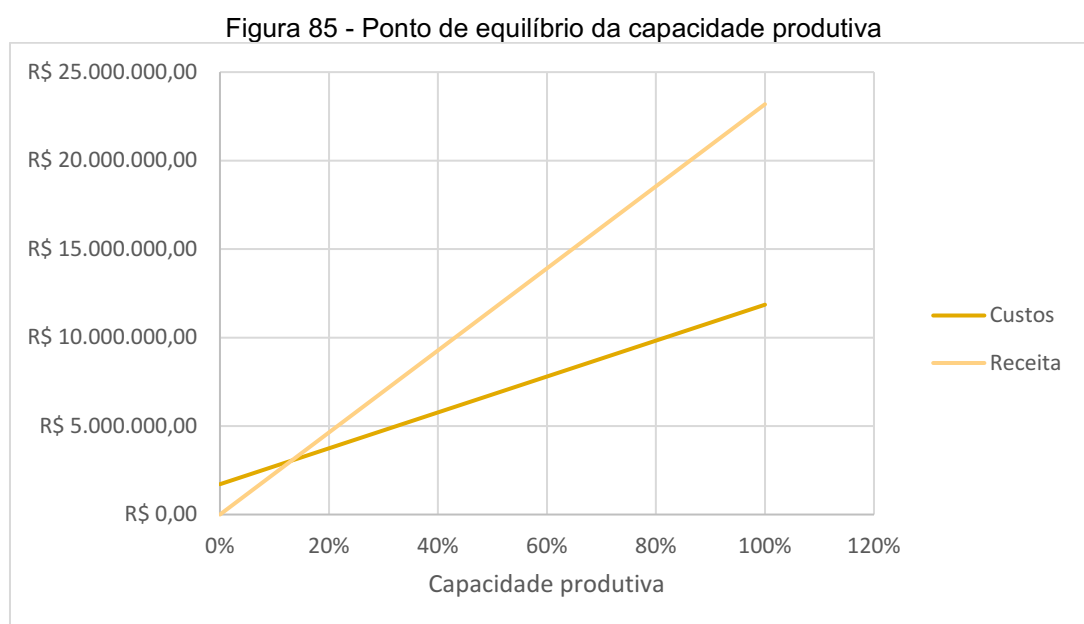
Ano	Fluxo de caixa	Valor presente	<i>Payback</i>
0	-R\$11.795.993,79	-R\$11.795.993,79	-R\$ 11.795.993,79
1	R\$ 5.373.880,26	R\$ 4.885.345,69	-R\$ 6.910.648,10
2	R\$ 3.133.183,20	R\$ 2.589.407,60	-R\$ 4.321.240,49
3	R\$ 3.370.052,04	R\$ 2.531.969,98	-R\$ 1.789.270,52
4	R\$ 3.606.920,88	R\$ 2.463.575,49	R\$ 674.304,98
5	R\$ 3.843.789,72	R\$ 2.386.691,00	R\$ 3.060.995,98

Fonte: Aatoria própria, 2020.

A partir da Tabela 37 é possível ver que o retorno do investimento está entre o terceiro e quarto ano de produção da *Soy Health*.

## 16.10 PONTO DE EQUILÍBRIO

Utilizando os valores de custos fixos e variáveis, assim como a receita, em função da capacidade produtiva da *Soy Health* um gráfico foi construído, representado na Figura 85, aonde se encontra a capacidade mínima de produção para que obtenha lucro com a empresa.



Fonte: Aatoria própria, 2020.

Na Figura 85, observa-se que com 12,59% da capacidade produtiva da empresa a receita começa a superar as despesas.

## CONCLUSÃO

Foi realizado um estudo para a implementação da *Soy Health*, uma indústria produtora de leite e iogurte de soja.

A soja é um alimento completo, pois possui em sua composição proteínas, carboidratos, lipídios, vitaminas e sais minerais. Dessa forma o leite de soja e o iogurte de soja são altamente nutritivos além de não conterem lactose, glúten e colesterol.

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de grãos de soja, tendo produzido 114 milhões de toneladas em 2018. Desse total cerca de 45 milhões são utilizados no mercado interno nacional. O Paraná é o terceiro estado que mais produz soja no país, tendo produzido cerca de 16 milhões de toneladas em 2018, e a cidade escolhida para sediar a *Soy Health* foi Ponta Grossa, que produz mais de 12% dessa quantidade no estado, favorecendo assim o custo e manutenção para o recebimento de matéria-prima.

O mercado de bebidas vegetais cresce a cada ano no Brasil, impulsionado por tendências mundiais de redução do consumo de alimentos de origem animal, e também no interesse dos consumidores em buscar alimentos mais saudáveis, além de atender à parcela da população com intolerância lactose, parcela essa com 35% de diagnosticados e uma estimativa total de 70%. Produtos como o leite de soja e o iogurte de soja atendem estas demandas de mercado, podendo ser comercializados em mercados, restaurantes e lojas específicas de produtos veganos.

A *Soy Health* será uma empresa de médio porte, operando com uma alimentação de 100 kg/h de grãos de soja, produzindo 401 kg/h de leite de soja e 420 kg/h de iogurte de soja, com um total de produção anual de 6,9 milhões de quilos, correspondendo assim a 6,78% do mercado nacional. Os subprodutos produzidos são a casca de soja, que poderá ser vendida comercialmente para compor ração animal, e okara, que devido a seu valor nutricional, poderá ser vendida para indústrias alimentícias, onde a farinha de okara é matéria-prima na composição de pães, bolos e também carnes vegetarianas. A partir da análise econômica percebe-se alguns

fatores que trazem a viabilidade do projeto, primeiramente temos a taxa interna de retorno de 35% representando o triplo que da taxa mínima de atratividade para investimentos. Além período de retorno entre o quarto e quinto ano, com uma produção de 12,59% a receita supera os custos mostrando um alta viabilidade para o projeto.

Assim, a *Soy Health* apresenta-se como uma indústria promissora, integrando-se em um mercado com grande tendência de crescimento ao longo dos anos, localizada em uma região estratégica e produzindo produtos de qualidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

7lab. **Forno mufla digital 7lab 6,7 L – 100 a 1200°C**. Disponível em: [https://www.7lab.com.br/equipamentos-para-laboratorio/forno-mufla/forno-mufla-digital-7lab-6-7-l-100-a-1-](https://www.7lab.com.br/equipamentos-para-laboratorio/forno-mufla/forno-mufla-digital-7lab-6-7-l-100-a-1-200oc?parceiro=5060&campaignid=10955446275&adgroupid=106502592446&keyword=&network=g&utm_medium=cpc&gclid=CjwKCAjwiaX8BRBZEiwAQQxGx8PRJ7UIRVWePyXo0NqWrP18AXYoPkveh72JwXOzlltyiGAXrCe5aRoCescQAvD_BwE)

200oc?parceiro=5060&campaignid=10955446275&adgroupid=106502592446&keyword=&network=g&utm\_medium=cpc&gclid=CjwKCAjwiaX8BRBZEiwAQQxGx8PRJ7UIRVWePyXo0NqWrP18AXYoPkveh72JwXOzlltyiGAXrCe5aRoCescQAvD\_BwE. Acesso em 16 de outubro de 2020.

ACG-CHEMICALS. **R-22 Thermodynamic Properties**. Disponível em: [https://www.agc-chemicals.com/file.jsp?id=jp/en/products/pdf/ASAHI\\_FLON-22\\_EN09.pdf](https://www.agc-chemicals.com/file.jsp?id=jp/en/products/pdf/ASAHI_FLON-22_EN09.pdf). Acesso em: 28 de outubro de 2020.

AGROCERES MULTIMIX. **Por dentro do Cocho – Casca de soja**. 2018. Disponível em: <https://agroceresmultimix.com.br/blog/por-dentro-do-cocho-casca-de-soja/>. Acesso em: 26 de setembro de 2019.

AIRTECH. **High efficiency AIRTECH oilless piston vacuum compressor**. Disponível em: [https://www.alibaba.com/product-detail/Vacuum-Compressor-High-Efficiency-AIRTECH-Oilless\\_1600064192691.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal\\_offer.d\\_title.2a3e1542mX9lCm&s=p](https://www.alibaba.com/product-detail/Vacuum-Compressor-High-Efficiency-AIRTECH-Oilless_1600064192691.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_title.2a3e1542mX9lCm&s=p). Acesso em: 24 de outubro de 2020.

AKINTUNDE T. Y; AKINTUNDE B. O. **Development of Models for Predicting the Yield and Quality of Soymilk**. The Journal of Food Technology in Africa. v 7. p55-58. 2002.

ALMEIDA, Jéssica Ferraz de. et al. **Controle de qualidade e avaliação dos efeitos do consumo do leite de soja produzio na UniverSoja**. 8º Congresso de extensão universitária da UNESP, p. 1-7, 2015. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/142370>. Acesso em: 05 de março de 2020.

ANAPOLSKI, J. L. P.; INDRUSIAK, M. L S. **Síntese energética de uma rede de trocadores de calor de um processo de refino de óleo de soja. Perspectiva**. Erechim, v. 39, n. 146, p. 27-42, 2015. Disponível em: [http://www.uricer.edu.br/site/pdfs/perspectiva/146\\_507.pdf](http://www.uricer.edu.br/site/pdfs/perspectiva/146_507.pdf). Acesso em: 23 de outubro de 2020.

APROSOJA. **A história da soja**. 2019. Disponível em <http://www.aprosoja.com.br/soja-e-milho/a-historia-da-soja>. Acesso em: 26 de setembro de 2019.

ASBOMBAS. **O que é uma bomba centrífuga.** Disponível em: <http://www.asbombas.com.br/o-que-e-uma-bomba-centrifuga/>. Acesso em: 24 de outubro de 2020.

ATKINS, Peter. **Princípios de Química: Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente.** 7ª Edição. 2018.

BALASHA, E.; SPERBER, H. **Treatment of domestic waster in na aerated lagoon and polishing pond.** 1975.

BEHRENS, Jorge Herman; DA SILVA, Maria Aparecida Azevedo Pereira. **Atitude do consumidor em relação à soja e produtos derivados.** Food Science and Technology. Vol. 24, n.3, 2004.

Bel. **Balança de Precisão Bel 0,01g, 2200g S2202H.** Disponível em: [https://www.cheeselab.com.br/balanca-de-precisao-bel-0-01g--2200g-s2202h/p?idsku=324&gclid=CjwKCAjwiaX8BRBZEiwAQQxGxyYsCoFQkylqyG6iYXEedrx5qFqUtZASCIYYOD4N-96sl\\_pM9aXW1xoCIJQQAxD\\_BwE](https://www.cheeselab.com.br/balanca-de-precisao-bel-0-01g--2200g-s2202h/p?idsku=324&gclid=CjwKCAjwiaX8BRBZEiwAQQxGxyYsCoFQkylqyG6iYXEedrx5qFqUtZASCIYYOD4N-96sl_pM9aXW1xoCIJQQAxD_BwE). Acesso em 16 de outubro de 2020.

Bel. **Condutivímetro de Bancada 220V.** Disponível em: [http://www.lojalab.com.br/produto\\_condutivimetro-de-bancada\\_1363](http://www.lojalab.com.br/produto_condutivimetro-de-bancada_1363). Acesso em: 16 de outubro de 2020.

BENEDETTI, A. C. E. P.; FALCÃO D.P. **Monitoramento da qualidade higiênico-sanitária no processamento de “leite” de soja na Unisoja, Araraquara, SP.** Departamento de Alimentos e Nutrição. Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Araraquara. UNESP. 2003.

BERBEL, José Divanil Spósito. **Introdução à Contabilidade e Análise de Custos.** Editora STS. 2017.

BERTOLDO, P. M. T; BERNARDES, C. F. **Fatores antinutricionais da soja: Inibidores de Tripsina.** 49º Congresso Brasileiro de Química. Área: Alimentos. Porto Alegre / RS. 04 a 08 de outubro de 2009.

BERTOLINI, Dionísio; BERTOLINI, José. **Moega superficial para descarga de grãos.** Depositante: Dionísio Bertolini, José Bertolini. Procurador: Marcos Antonio Nunes. PI0500265-6B1. Depósito: 31 jan. 2005. Concessão: 17 jun. 2018.

BI, Tianzhu. **Biological treatment of milk and soybean wastewater with bioproducts.** Shenyang Jianzhu University. 2007.

BKEY. **High Pressure Milk Homogenizer For Sale.** Disponível em: <https://portuguese.alibaba.com/product-detail/high-pressure-milk-homogenizer-for-sale->

60769410314.html?spm=a2700.7735675.normalList.141.5ade668aEMya9g&s=p&s=p. Acesso em: 15 de agosto de 2020.

BRASIL. **Diário Oficial da União**. 2020. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.414-de-2-de-julho-de-2020-264918131>. Acesso em: 10 de setembro de 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria nº 398, de 30 de abril de 1999. **Diretrizes básicas para análise e comprovação de propriedades funcionais e ou de saúde alegadas em rotulagem de alimentos**. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 1999a.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Portaria nº 27, de 13 de janeiro de 1998. **Regulamento técnico referente a informação nutricional complementar**. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 1998.

BRASIL. **PORTARIA MF Nº 156 de 24 de junho de 1999**. 1999b. Disponível em: <http://normas.receita.fazenda.gov.br/sijut2consulta/link.action?idAto=23977>. Acesso em: 07 de setembro de 2020.

CALLOU, K. R. A. **Teor de isoflavinas e capacidade antioxidante de bebidas à base de soja**. Universidade de São Paulo. Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, 2009.

CANAL RURAL. **Empresas erram classificação da soja e revoltam produtores**. 2017. Disponível em: <https://www.canalrural.com.br/sites-e-especiais/projeto-soja-brasil/empresas-tem-errado-na-hora-de-classificar-a-soja/?uol=1>. Acesso em: 11 de dezembro de 2019.

CANAL RURAL. **Você sabe qual é a região que mais produz soja no Paraná?**. 2019. Disponível em: <https://canalrural.uol.com.br/sites-e-especiais/projeto-soja-brasil/voce-sabe-qual-e-a-regiao-que-mais-produz-soja-no-parana/>. Acesso em: 26 de setembro de 2019.

CASÉ, F.; DELIZA, R.; ROSENTHAL, A.; MANTOVANI, D.; FELBERG, I. **Produção de 'leite' de soja enriquecido com cálcio**. Ciênc. Tecnol. Aliment., v. 25, n. 1, p. 86-91, 2005.

ÇENGEL, Yunus A; GHAJAR, Afshin J. **Transferência de Calor e Massa: Uma Abordagem Prática**. 4ª edição. 2012.

CHAOLI, **Homogeneizador de leite gelado batadeira**. 2013. Disponível em: [https://pt.made-in-china.com/co\\_czchaoli123/product\\_Ice-Cream-Dairy-Homogenizer-Mixer-GJB2000-25-\\_eusyuoyng.html](https://pt.made-in-china.com/co_czchaoli123/product_Ice-Cream-Dairy-Homogenizer-Mixer-GJB2000-25-_eusyuoyng.html). Acesso em: 08 de novembro de 2019.

CHAVES NA MÃO. **Terrenos à venda.** 2020. Disponível em: <https://www.chavesnamao.com.br/imovel/terreno-a-venda-pr-ponta-grossa-cara-cara-RS587000/id-3012463/?gal=1>. Acesso em: 08 de setembro de 2020.

CHIAVENATO, Idalberto. **Introdução a teoria geral da administração: uma visão abrangente da moderna administração das organizações.** 7ª ed. Rio de Janeiro. 2003.

CONAB. **A soja em números (Safrá 2014/2015).** In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA: EMBRAPA SOJA. 2015.

CONAB. **Perspectivas para a agropecuária (Safrá 2018/2019).** Diretoria de Política Agrícola e Informações. Superintendência de Gestão e Oferta. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/images/arquivos/outros/Perspectivas-para-a-agropecuaria-2018-19.pdf>. Acesso em: 11 de dezembro de 2019.

CONAMA. **Resolução Nº430, de 13 de maio de 2011.** 2011. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Acesso em 16 de agosto de 2019.

COPEL. **Taxas e Tarifas.** 2019. Disponível em: <https://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Ftarifas%2Fpagcopel2.nsf%2Fverdocatual%2F23BF37E67261209C03257488005939EB>. Acesso em: 2 de outubro de 2020.

COURI, Sônia; FELBERG, Ilana; TERZI, Selma; SILVA, Cláudio Souza da. **Bebida fermentada de soja.** EMBRAPA. Brasília – DF. 2006.

CZECH BREWERY SYSTEM; **CCT-SHP-1000DE Tanque de maturação de fermentação cilíndrico-cônico.** 2019. Disponível em: <https://eshop.czechminibreweries.com/pt/product/cct-shp-1000de/>. Acesso em: 08 de novembro de 2019.

DESHPANDE, S. D.; BAL, Satish. **Specific Heat of Soybean.** Journal of Food Process Engineering. v. 22, p. 469-477, 1999.

ELETROPLAS. **Bomba Centrífuga Aço Inox.** Disponível em: [https://www.royalmaquinas.com.br/bomba-centrifuga-aco-inox-100cv-mcs-nx-1-0-220v.html?omniProdClick=e11dcf261f3a5c18244502cb06ffbf2&pe=MTk=&especialType=1f0e3dad99908345f7439f8ffabdfc4&utm\\_source=Google&utm\\_medium=Shopping&gclid=Cj0KCCQiAk53-BRD0ARIsAJuNhpv-FTlwlgd4jO5Ouj\\_OIGIY3AI6LSj4ixXI9IRuJvPXZY8WeQdqR6laAvYuEALw\\_wcB](https://www.royalmaquinas.com.br/bomba-centrifuga-aco-inox-100cv-mcs-nx-1-0-220v.html?omniProdClick=e11dcf261f3a5c18244502cb06ffbf2&pe=MTk=&especialType=1f0e3dad99908345f7439f8ffabdfc4&utm_source=Google&utm_medium=Shopping&gclid=Cj0KCCQiAk53-BRD0ARIsAJuNhpv-FTlwlgd4jO5Ouj_OIGIY3AI6LSj4ixXI9IRuJvPXZY8WeQdqR6laAvYuEALw_wcB). Acesso em: 02 de dezembro de 2020.

EMBRAPA. **Emprapa soja.** 2019a. Disponível em <https://www.embrapa.br/soja>. Acesso em: 26 de setembro de 2019.



EMBRAPA. **História da soja.** 2019b. Disponível em <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/historia>. Acesso em: 26 de setembro de 2019.

Enntech. **Enntech GL series Electromagnetic Steam Boiler Steam Generator.** Disponível em: <https://qingdaoenntech.en.made-in-china.com/product/YZoQmbqlaPhE/China-Enntech-GI-Series-Electromagnetic-Steam-Boiler-Steam-Generator.html>. Acesso em: 25 de outubro de 2020.

FAL POLPAS. **Tabela nutricional polpa de frutas.** São Paulo, Disponível em: <https://www.falpolpas.com.br/polpas-de-frutas/>. Acesso em: 27 out. 2019.

Famtun. **Hot Sale Galvanized Steel 1000 ton Grain Storage Silo for Sale.** Disponível em: <https://dyfengtu2020.en.made-in-china.com/product/oKXmChQTAMrF/China-Hot-Sale-Galvanized-Steel-1000ton-Grain-Storage-Silo-for-Sale.html>. Acesso em: 09 de setembro de 2020.

FAVONI, Silvana Pedroso de Góes; et al. **Isoflavonas em produtos comerciais de soja.** Ciência e Tecnologia de Alimentos. 2004.

FERNANDES JUNIOR, Carlos Coutinho. **Integração Energética da Etapa de Extração de Óleo de Soja, Utilizando a Análise Pinch.** 2009. Disponível em: <https://docs.google.com/viewerng/viewer?url=http://tede.unioeste.br/bitstream/tede/1889/1/Carlos+Coutinho+Fernandes+Junior.pdf>. Acesso em: 23 de outubro de 2020.

FERREIRA, C.L. **Prébióticos e probióticos: atualização e prospecção.** Célia L.L.F.Ferreira, 2003. 205p.

FIESP. **Soja e suas riquezas – História.** 2019. Disponível em <http://www.fiesp.com.br/sindimilho/sobre-o-sindmilho/curiosidades/soja-e-suas-riquezas-historia/>. Acesso em: 27 de setembro de 2019.

FILIPPO FILHO, Guilherme. **Bombas, ventiladores e compressores: Fundamentos.** Editora Saraiva. 2015

FLECK, M., LEAL, O., LOUZADA, S., XAVIER, M., CACHAMOVIIH, E., VIEIRA, G., et al. **Desenvolvimento da versão em português do instrumento de avaliação de qualidade de vida da OMS (WHOQOL-100).** Ver. Brasileira de Psiquiatria 21:21-8. 1999.

Flowtam. **1000 litros em aço inoxidável com camisa tanque.** Disponível em: [https://pt.made-in-china.com/co\\_fulute-light/product\\_1000-Liter-Jacketed-Stainless-Steel-Stirred-Tank-Fermenter\\_rusinghg.html](https://pt.made-in-china.com/co_fulute-light/product_1000-Liter-Jacketed-Stainless-Steel-Stirred-Tank-Fermenter_rusinghg.html). Acesso em: 09 de outubro de 2020.

FRACASSO, Aline Francielle. **Cinética de hidratação de soja: Estudo comparativo entre soja transgênica e convencional.** UFPR. Curitiba. 2011.

FRAGÃO, Luísa. **Em quatro anos, oferta de produtos veganos cresceu 677% no Brasil.** 2020. Disponível em: <https://www.portalveg.com.br/noticias/veganismo/em-quatro-anos-oferta-de-produtos-veganos-cresceu-677-no-brasil/>. Acesso em: 19 de outubro de 2020.

GEA. **Separadoras para Desnate do Leite.** 2019. Disponível em: <https://www.gea.com/pt/products/separators-milk-skimming.jsp>. Acesso em: 09 de novembro de 2019.

GILLILAND, S.E. **Beneficial interrelations ships between certain micro organisms and humans: candidate microorganism for use as dietary adjuncts.**J.Food Prot.,v.42, p.164-167, 1979.

Global Analyzer. **Espectrofotômetro Digital 320-1000 nm.** Disponível em: [https://e-labcommerce.com/espectrofotometro-digital-320-1000nm?gclid=CjwKCAjwz6\\_8BRBkEiwA3p02Vb\\_eRA8MDj2kxBkmQlv5MxYaeKB6cUHUj2POKpWjNUk8ryh9koUzTBoCJLMQAvD\\_BwE](https://e-labcommerce.com/espectrofotometro-digital-320-1000nm?gclid=CjwKCAjwz6_8BRBkEiwA3p02Vb_eRA8MDj2kxBkmQlv5MxYaeKB6cUHUj2POKpWjNUk8ryh9koUzTBoCJLMQAvD_BwE). Acesso em: 18 de outubro de 2020.

Global Optics. **Microscópio Biológico Trinocular LED 1W 1000X.** Disponível em: [https://e-labcommerce.com/microscopio-biologico-trinocular-led-1w-1000x?gclid=CjwKCAjwz6\\_8BRBkEiwA3p02Vd9fILy8ER-0oVM3ifFYE4yu\\_b8gd9c\\_Aa5VjPxM9uLB0tn7hD-dgxoCaNkQAvD\\_BwE](https://e-labcommerce.com/microscopio-biologico-trinocular-led-1w-1000x?gclid=CjwKCAjwz6_8BRBkEiwA3p02Vd9fILy8ER-0oVM3ifFYE4yu_b8gd9c_Aa5VjPxM9uLB0tn7hD-dgxoCaNkQAvD_BwE). Acesso em: 18 de outubro de 2020.

GREENME. **Okara: 10 ricette com gli “scarti” del latte di soia.** 2014. Disponível em: <https://www.greenme.it/mangiare/vegetariano-a-vegano/okara-ricette-polpa-soia/>. Acesso em: 21 de setembro de 2019.

GRIZOTTO, Regina Kitagawa. **Okara na alimentação humana.** Pesquisa & Tecnologia. Vol 11, nº1. 2014. Disponível em <http://www.aptaregional.sp.gov.br/acesse-os-artigos-pesquisa-e-tecnologia/2014/janeiro-junho/1520-okara-na-alimentacao-humana/file.html>. Acesso em: 21 de setembro de 2019.

GULLO, José. **Administração: Para quem estuda, ensina e pratica.** 1ªed. 2016.

GURGEL, V. M. A. **A importância da soja como alimento funcional para qualidade de vida e saúde.** Universidade estadual de Campinas, 2006.

HA, E. Y. W.; MORR, C. V.; SEO, A. Isoflavone aglucones and volatile organic compounds in soybeans: Effects of soaking treatments. **Journal of Food Science**, v.57. 1992.

HAYNES, W. M. **CRC Handbook of chemistry and physics.** 97ªed. 2016.

HOFFMAN, JAY R.; FALVO, MICHAEL J. 2004. **Protein – which is Best**. Journal of Sports Science and Medicine. Disponível em: <https://www.jssm.org/vol3/n3/2/v3n3-2pdf.pdf>. Acesso em: 29 de novembro de 2020.

HQ. **Capela de Exaustão de Gases SP60N HQ**. Disponível em: [https://www.forlabexpress.com.br/capela-de-exaustao-de-gases-sp60n-hq?parceiro=3512&gclid=CjwKCAjwrKr8BRB\\_EiwA7eFappU\\_W\\_0Fdn\\_3zfN4Av3NkySKNXhGZtCUHc1Zo5z0BtiK8v2s6\\_creRoCWdMQAvD\\_BwE](https://www.forlabexpress.com.br/capela-de-exaustao-de-gases-sp60n-hq?parceiro=3512&gclid=CjwKCAjwrKr8BRB_EiwA7eFappU_W_0Fdn_3zfN4Av3NkySKNXhGZtCUHc1Zo5z0BtiK8v2s6_creRoCWdMQAvD_BwE). Acesso em: 17 de outubro de 2020.

Huaxin. **Belt conveyor price electronic weighing**. Disponível em: [https://www.alibaba.com/product-detail/belt-conveyor-price-electronic-weighing-belt\\_60711810706.html?spm=a2700.7724857.normalList.89.43625d40F41s23](https://www.alibaba.com/product-detail/belt-conveyor-price-electronic-weighing-belt_60711810706.html?spm=a2700.7724857.normalList.89.43625d40F41s23). Acesso em: 19 de outubro de 2020.

IBOPE. **14% da população se declara vegetariana**. 2018. Disponível em: <http://www.ibopeinteligencia.com/noticias-e-pesquisas/14-da-populacao-se-declara-vegetariana/>. Acesso em: 02 de outubro de 2019.

IDEALSOFTWARES. **Índices Econômicos – Dólar Comercial 2020**. Disponível em: <http://www.idealsoftwares.com.br/indices/dolar2020.html>. Acesso em: 04 de setembro de 2020.

INSPECTAPEDIA. **Air Conditioner Compressor & Refrigerant Pressure Readings**. Disponível em: [https://inspectapedia.com/aircond/Refrigerant\\_Pressures.php#R22](https://inspectapedia.com/aircond/Refrigerant_Pressures.php#R22). Acesso em: 28 de outubro de 2020.

JEFFERSON, Engenharia De Processos Industriais. **Válvula Solenoide**. Disponível em: <https://www.jefferson.ind.br/conteudo/valvula-solenoide.html>. Acesso em: 23 de outubro de 2020.

JG/OEM. **500 liters chilling fermentation agitator mixing refrigerator**. Disponível em: [https://www.alibaba.com/product-detail/500-liters-chilling-5000l-200l-fermentation\\_60812097088.html?spm=a2700.galleryofferlist.0.0.ff8442faa8uHZI&s=p](https://www.alibaba.com/product-detail/500-liters-chilling-5000l-200l-fermentation_60812097088.html?spm=a2700.galleryofferlist.0.0.ff8442faa8uHZI&s=p). Acesso em 31 de agosto de 2020.

JORNALCONTÁBIL. **ICMS 2020: Tudo o que você precisa saber**. Disponível em: <https://www.jornalcontabil.com.br/icms-2020-tudo-o-que-voce-precisa-saber/>. Acesso em: 07 de setembro de 2020.

KAIQUAN, **Leite de Soja Moinho Coloide**. 2019. Disponível em: [https://pt.made-in-china.com/co\\_sh-kaiquan/product\\_Soybean-Milk-Colloid-Mill-Peanut-Colloid-Mill-Colloid-Grinder\\_esgyhgog.html](https://pt.made-in-china.com/co_sh-kaiquan/product_Soybean-Milk-Colloid-Mill-Peanut-Colloid-Mill-Colloid-Grinder_esgyhgog.html). Acesso em: 08 de novembro de 2019.

KATZ, F. **Research priorities more toward healthy and safe**. Food Technology, v. 54, n. 12, p. 42-44, 2000.

KING MACHINE. **Automatic cip system/cip cleaning/cip machine**. Disponível em: [https://www.alibaba.com/product-detail/Automatic-CIP-system-CIP-cleaning-CIP\\_1692205660.html](https://www.alibaba.com/product-detail/Automatic-CIP-system-CIP-cleaning-CIP_1692205660.html). Acesso em: 19 de outubro de 2020.

KROSS, Kenneth A.; POTTER, Merle C. **Termodinâmica para engenheiros**. Tradução da 1ª edição norte-americana. Noveritis do Brasil. 2016.

LEÃO, Thiago. **O guia completo para melhorar o layout da sua fábrica**. Nomus – Blog Industrial. 2018. Disponível em: <https://www.nomus.com.br/blog-industrial/ebook-layout-industrial/>. Acesso em: 29 de setembro de 2020.

LESCANO, C. A. A. **Análise da secagem de resíduo de leite de soja “okara” em secadores de leite de jorro e de cilindro rotativo assistido a microondas**. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Faculdade de Engenharia Química. Universidade estadual de campinas. 2009.

LODI, João Bosco. **Estrutura da diretoria**. Scielo. 1972. Disponível em <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-75901972000300005>. Acesso em: 14 de setembro de 2019.

LOPES, F. K. **“logurte” de soja como coadjuvante no tratamento de câncer de mama**. Tese (Doutorado em Análises Clínicas) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas. Universidade Estadual Paulista. 2006.

MAGNONI, D. - **A Importância Socioeconômica da Soja**. IMeN – Instituto de Metabolismo e Nutrição, 2002.

MAKENI CHEMICALS. **Ficha de informações de segurança de produtos químicos: Bicarbonato de Sódio**. 2005. Disponível em: <https://micobacterias.ufc.br/wp-content/uploads/2018/09/fispq-bicarbonato-de-sodio.pdf>. Acesso em: 02 de dezembro de 2020.

MAPA. **Instrução Normativa 11/2007**. 2007. Disponível em: <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=1194426968>. Acesso em: 05 de dezembro de 2020.

MAPA. **Calendário De Plantio e Colheita De Grãos No Brasil, Conab**. 2019a. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/>. Acesso em: 18 de maio de 2020.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do agronegócio**. Brasília. 2019b.

MAPURE, Cláudia Domingos; MACHAVA, Julião Marcelino; MOIANE, Justino. **Produção de iogurte a partir de soja**. 2016.

MAQLAND, **Maquina Para Descascar Feijão Fradinho, Caupi E Soja**. 2015. Disponível em: <http://www.maqland.com.br/equipamentos.html>. Acesso em: 08 de novembro de 2019.

MARKET RESEARCH REPORT. **Soy Milk Market Size, Share & Trends Analysis Report By Product Type (Flavored, Unflavored), By Application (Desserts, Cheese & Snacks, Beverages), By Region, And Segment Forecasts, 2019 – 2025.** 2019. Disponível em: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/soy-milk-market>. Acesso em: 27 de setembro de 2019.

MATEOS-APARICIO, Inmaculada; et al. **Soybean, a promising health source.** Nutricion hospitalaria: Organo oficial de la Sociedad Espanola de Nutricion Parenteral y Enteral. 2008.

MENDES, Clayton Quirino; FERREIRA, Evandro Maia. **Por que utilizar a casca de soja na alimentação do rebanho?.** Milkpoint. 2007. Disponível em <https://www.milkpoint.com.br/artigos/producao/por-que-utilizar-a-casca-de-soja-na-alimentacao-do-rebanho-33654n.aspx>. Acesso em: 16 de setembro de 2019.

MERCALDI, Janssem Camargo. **Desenvolvimento de bebida a base de ‘leite’ de soja acrescida de suco de graviola.** Araraquara – SP. 2006.

METCALF & EDDY, Inc. **Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse.** McGraw-Hill International Editions, 3rd ed., New York, 1991.

MEYDANI, S.N.; KIU HA, W. **Immunologic effect of yogurt.** AJCN, v.71, n.4, p. 861-872, 2000.

MICROSOFT CORPORATION. **Microsoft Visio Professional 2016.** Versão 2011. [S. l.]: Microsoft Corporation, 2016. Disponível em: <https://www.microsoft.com/pt-br/microsoft-365/visio/flowchart-software/>. Acesso em: 21 set. 2019.

MIGUEL, P.R. et al. **Desenvolvimento e caracterização de “iogurte” de soja sabor morango produzido com extrato de soja desengordurado enriquecido com cálcio.** Alim. Nutr. v. 21, n.1, p. 57-63, 2010.

MILKPOINT. **Mercado de bebidas vegetais cresce a dois dígitos no Brasil.** 2018. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/noticias-e-mercado/giro-noticias/com-excecao-das-de-soja-mercado-de-bebidas-vegetais-cresce-a-dois-digitos-no-brasil-211516/>. Acesso em: 27 de setembro de 2019.

Milwaukee. **Refratômetro Digital Portátil 0-85% BRIX – MA871.** Disponível em: [https://www.cheeselab.com.br/refratometro-digital-portatil-0-85--brix---ma871/p?idsku=472&gclid=CjwKCAjwiaX8BRBZEiwAQQxGx29M7ASjspt5U5ejPibp0GrAPsjWkvcjmEFGdVBCoKF9AAgiRG-NkxoCNfgQAvD\\_BwE](https://www.cheeselab.com.br/refratometro-digital-portatil-0-85--brix---ma871/p?idsku=472&gclid=CjwKCAjwiaX8BRBZEiwAQQxGx29M7ASjspt5U5ejPibp0GrAPsjWkvcjmEFGdVBCoKF9AAgiRG-NkxoCNfgQAvD_BwE). Acesso em: 16 de outubro de 2020.

MORAN, Michael J; SHAPIRO, Howard N.; BOETTNER, Daisie D.; BAILEY, Margaret B. **Princípios de Termodinâmica para Engenharia.** Tradução Robson Pacheco Pereira, et al 8ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

MOREIRA, Blenda. **Layout Industrial: como melhorar a eficiência dos processos.** Fluxo consultoria. 2015. Disponível em: <https://fluxoconsultoria.poli.ufrj.br/blog/gestao-empresarial/layout-industrial/>. Acesso em: 29 de setembro de 2020.

MORETTI, R. H., HINOJOSA R.G. **Produção de “leite” de soja em escala semiindustrial.** In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J.C. (Ed.). A soja no Brasil. Campinas: ITAL, 1981. cap.15, Item 2.3, p.979-986.

MUELLER, Paul. **The Basics of Clean-In-Place in a Brewery.** Academy, 2017. Disponível em: <https://academy.paulmueller.com/basics-of-clean-in-place-in-brewery>. Acesso em: 15 de outubro de 2020.

NANCHENG. **Semi-Automatic 1000L/H Plate Milk Pasteurization Machine.** 2016. Disponível em: <https://chinanc.en.made-in-china.com/product/YSvmyxQUqfpB/China-Semi-Automatic-1000L-H-Plate-Milk-Pasteurization-Machine.html>. Acesso em: 09 de novembro de 2019.

NaturalTec. **ETA-s – Reatores Físico – Químicos.** Disponível em: <https://www.naturaltec.com.br/etas-compactas/>. Acesso em: 08 de novembro de 2020.

OGUNTUNDE, A. O.; AKINTOYE, A. O. **Measurement and Comparison of Density, Specific Heat and Viscosity of Cow’s Milk and Soymilk.** Journal of Food Engineering 13. 1991.

OLIVEIRA, Cássia Maria de. **Integração energética da biorrefinaria de cana-de-açúcar para produção de etanol de primeira e segunda geração e energia elétrica.** UFSCAR. 2014.

OLIVEIRA, Cristiane Rodrigues. **Validação de higiene em uma indústria de alimentos.** UNISUL. 2019. Disponível em: <https://riuni.unisul.br/bitstream/handle/12345/8964/VALIDA%C3%87%C3%83O%20DE%20HIGIENIZA%C3%87%C3%83O%20EM%20UMA%20IND%C3%9ASTRIA%20DE%20ALIMENTOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 08 de Dezembro de 2020

OPERSAN. **Decantação: O que é e como funciona?** Disponível em: <http://info.opersan.com.br/decanta%C3%A7%C3%A3o-o-que-%C3%A9-e-como-funciona>. 2015. Acesso em: 09 de novembro de 2019.

ORPLAN. **A importância da análise financeira na tomada de decisão das empresas.** 2020. Disponível em: <http://www.orplan.com.br/?p=402>. Acesso em: 02 de setembro de 2020.

PAN, Z; TANGRATANAVALEE, W. **Characteristics of soybean as affected by soaking conditions.** Lebensmittel Wissenschaft Und Technologie, v.36. 2003.

PEKOE. **Full auto milk packing machine.** Disponível em: <https://www.alibaba.com/product-detail/Full-auto-milk-bottle-plastic->

bag\_62590699752.html?spm=a2700.7724857.normalList.12.317a45c2H07IjN&s=p&fullFirstScreen=true. Acesso em: 08 de outubro de 2020.

PELEG, M. **Na empirical model for the description of moisture sorption curves.** Journal of Food Science, v. 53, n. 4. 1988.

PERKINS, E.G. Composition of soybeans and soybeans products. **Practical handbook of soybean processing and utilization.** 1995.

PEROZIN, **Máquina de pré-limpeza cereais/ pl-250.** 2019. Disponível em: <http://www.perozin.com.br/verprodutos.php?id=444>. Acesso em: 08 de novembro de 2019.

PIVELI, Roque Passos. **Tratamento de esgotos sanitários.** UFAL. 2000.

Ramuza. **Balança Industrial Digital Ramuza.** Disponível em: [https://www.magazineluiza.com.br/balanca-industrial-digital-ramuza-1054-dcrcl-15-ate-kg/p/217388600/pi/blin/?&force=2&seller\\_id=magazineluiza&&utm\\_source=google&utm\\_medium=pla&utm\\_campaign=&partner\\_id=54242&gclid=CjwKCAjwiaX8BRBZEiwAQQxGxxdYm1orqN244HwPwm285ARNPNjnN5VG1uVBycZuMMgSo7RrAfzD0hoCOtgQAvD\\_BwE](https://www.magazineluiza.com.br/balanca-industrial-digital-ramuza-1054-dcrcl-15-ate-kg/p/217388600/pi/blin/?&force=2&seller_id=magazineluiza&&utm_source=google&utm_medium=pla&utm_campaign=&partner_id=54242&gclid=CjwKCAjwiaX8BRBZEiwAQQxGxxdYm1orqN244HwPwm285ARNPNjnN5VG1uVBycZuMMgSo7RrAfzD0hoCOtgQAvD_BwE). Acesso em: 16 de outubro de 2020.

RAYEN. **SUS304 stainless steel yogurt tank refrigerator 500 liter milk.** Disponível em: [https://www.alibaba.com/product-detail/SUS304-stainless-steel-yogurt-dairy-blood\\_60690638442.html?spm=a2700.md\\_pt\\_PT.pronpeci14.6.1d864144M89ZzD](https://www.alibaba.com/product-detail/SUS304-stainless-steel-yogurt-dairy-blood_60690638442.html?spm=a2700.md_pt_PT.pronpeci14.6.1d864144M89ZzD). Acesso em: 31 de agosto de 2020.

RAYEN. **Tanques de fermentação em aço inoxidável sanitário de iogurte com controle de temperatura.** Disponível em <https://portuguese.alibaba.com/product-detail/sanitary-stainless-steel-fermentation-tanks-tank-yogurt-with-temperature-control-60774884545.html>. Acesso em: 23 de agosto de 2020.

RIAZ, M.N. **Soybeans as functional foods.** Cereal Foods World, v. 44, n. 2, p. 88-92, 1999.

RIBEIRO, M.M; MINIM, V.P.R; MINIM, L.A. **Estudo de mercado de iogurte da cidade de Belo Horizonte/MG.** 2010. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-737X2010000200003](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-737X2010000200003). Acesso em: 19 de outubro de 2020.

RINNAI. **Troca indireta de calor M1508.** Disponível em: [https://www.magazineluiza.com.br/troca-indireta-de-calor-m1508-rinnai/p/cbeb5e6619/cj/aqdp/?&seller\\_id=belamanhagaseagua&&utm\\_source=google&utm\\_medium=pla&utm\\_campaign=&partner\\_id=54222&gclid=Cj0KCQiAtqL-BRC0ARIsAF4K3WGIqnVmloqY0eHb3w6BkM4PODg6fbFb\\_syZ55VuKVblU-ryJpZq1ScaAugGEALw\\_wcB](https://www.magazineluiza.com.br/troca-indireta-de-calor-m1508-rinnai/p/cbeb5e6619/cj/aqdp/?&seller_id=belamanhagaseagua&&utm_source=google&utm_medium=pla&utm_campaign=&partner_id=54222&gclid=Cj0KCQiAtqL-BRC0ARIsAF4K3WGIqnVmloqY0eHb3w6BkM4PODg6fbFb_syZ55VuKVblU-ryJpZq1ScaAugGEALw_wcB). Acesso em: 05 de dezembro de 2020.

s.Blue. **Bomba Helicoidal s.BLUE – PS2000 P1BNT**. Disponível em: [https://www.ebombas.com.br/bomba-helicoidal-s-blue-ps2000-p1pnt.html?gclid=CjwKCAiA4o79BRBvEiwAjteoYLFNrS4nBnXcXLIJ9abOLEVxw-sgzWUdzJiBbLsbFKm5VX0axiT4RoCeHQQAvD\\_BwE](https://www.ebombas.com.br/bomba-helicoidal-s-blue-ps2000-p1pnt.html?gclid=CjwKCAiA4o79BRBvEiwAjteoYLFNrS4nBnXcXLIJ9abOLEVxw-sgzWUdzJiBbLsbFKm5VX0axiT4RoCeHQQAvD_BwE). Acesso em: 24 de outubro de 2020.

SÁNCHEZ, Iván; MATSUMOTO, Tsunao. **Estudio de Batimetría y Eficiencia de un Sistema de Lagunas de Estabilización**. 2013.

Sanlixin. **Solenoid Valves**. Disponível em: [https://www.alibaba.com/product-detail/Solenoid-Valve-Solenoid-Solenoid-Valve\\_60383200463.html?spm=a2700.galleryofferlist.topad\\_creative.d\\_title.9a586d38HBwfQc](https://www.alibaba.com/product-detail/Solenoid-Valve-Solenoid-Solenoid-Valve_60383200463.html?spm=a2700.galleryofferlist.topad_creative.d_title.9a586d38HBwfQc). Acesso em: 23 de outubro de 2020.

SANTOS. Adbeel de Lima. **Implantação de um procedimento de higienização em uma unidade produtora de queijo minas artesanal na região da canastra e avaliação pelo método de ATP-bioluminescência**. 2010. Disponível em: <https://www.ufjf.br/mestradoleite/files/2013/01/Disserta%3%a7%3%a3o-final.3.pdf>. Acesso em: 07 de dezembro de 2020.

SATYANARAYAN, Shanta; VENERKAR, A.P; RAMAKANT. **Organic Removals from Highly Proteinous Wastewater from Soya Milk and Tofu Manufacturing Plant**. Journal of Environmental Science and Health, Part A. 2004.

SEAB. **Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento**. 2019. Disponível em: [http://www.agricultura.pr.gov.br/sites/default/arquivos\\_restritos/files/documento/2019-09/safra1920.pdf?fbclid=IwAR3vbG99omERkKB3asUNGN8as8yV5LDDmaH9iRT8y\\_C1Is-qMSB7mry9L37c](http://www.agricultura.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2019-09/safra1920.pdf?fbclid=IwAR3vbG99omERkKB3asUNGN8as8yV5LDDmaH9iRT8y_C1Is-qMSB7mry9L37c). Acesso em: 27 de setembro de 2019.

SENSILATTE. **Intolerantes à lactose no Brasil**. 2017. Disponível em: <https://www.sensilatte.com.br/intolerantes-lactose-no-brasil/>. Acesso em: 30 de setembro de 2019.

SHAH, A.; BARAL, N.R.; MANANDHAR, A. **Technoeconomic Analysis and Life Cycle Assessment of Bioenergy Systems**. The Ohio State University. Tribhuvan University. 2016.

Shanghai Jiangxing. **Customizes Shell & Tube Heat Exchanger in China**. Disponível em: <https://shanghaijiangxing.en.made-in-china.com/product/UKmQIEjGmnRo/China-Customized-Shell-Tube-Heat-Exchanger-in-China.html>. Acesso em: 28 de outubro de 2020.

SHIMAKAWA Y, MATSUBARA S, Yuki N, Ikeda M, ISHIKAWA F. **Evaluation of Bifidobacterium breves strain Yakult-fermented soymilk as a probiotic food**. Int J Food Microbiol. 2003; 81(2):131-6.



SILVA, José Ferreira Da. **Análise Financeira das Empresas**. 13ª edição. 2018. [Minha Biblioteca]. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788522125784/>. Acesso em: 02 de setembro de 2020.

Simpla. **Medidor de pH de Bancada – Simpla PH140**. Disponível em: [https://loja.akso.com.br/produto/medidor-de-ph-de-bancada-simpla-ph140-518?dfw\\_tracker=27060-518&gclid=CjwKCAjwiaX8BRBZEiwAQQxGx1IM-LQX3FAq3ccB4a8Bt1sION9USnnFDOvFrsC-8vHzqlwZgX0mhoCYtwQAvD\\_BwE](https://loja.akso.com.br/produto/medidor-de-ph-de-bancada-simpla-ph140-518?dfw_tracker=27060-518&gclid=CjwKCAjwiaX8BRBZEiwAQQxGx1IM-LQX3FAq3ccB4a8Bt1sION9USnnFDOvFrsC-8vHzqlwZgX0mhoCYtwQAvD_BwE). Acesso em: 16 de outubro de 2020.

SINDUSCON-PR. Sindicato da Indústria da Construção Civil. **Custos Unitários Básicos de Construção**. Disponível em: <https://sindusconpr.com.br/tabela-completa-370-p>. Acesso em: 07 de setembro de 2020.

SOJAMAC. **Descascadeira**. 2020. Disponível em: <http://www.sojamac.com.br/descascadeira.htm>. Acesso em: 21 de maio de 2020.

SOLUÇÕES INDUSTRIAIS. **Tanque em aço inox para resfriamento de leite**. 2014. Disponível em: [https://www.solucoesindustriais.com.br/empresa/conteineres\\_paletes\\_e\\_recipientes/metalurgica-vale-do-inox/produtos/ali\\_menticios/anque-de-resfriamento-de-leite](https://www.solucoesindustriais.com.br/empresa/conteineres_paletes_e_recipientes/metalurgica-vale-do-inox/produtos/ali_menticios/anque-de-resfriamento-de-leite). Acesso em: 09 de novembro de 2019.

SOYADAIRY, Independent Consultants. **Soymilk Production**. Disponível em: <http://www.soyadairy.com/soymilk.html>. Acesso em: 06 de novembro de 2019.

SUPERPLANADOR. **Balança Rodoviária Rodo Fácil Urano – Concreto**. 2020. Disponível em: [https://www.superplanador.com.br/balanca\\_concreto\\_rodofacil](https://www.superplanador.com.br/balanca_concreto_rodofacil). Acesso em: 25 de maio de 2020.

TELLES, Pedro C. Silva. **TUBULAÇÕES INDUSTRIAIS: Materiais, Projeto, Montagem**. Editora LTC. 10ª edição. 2001.

TERRA. **CEO – Quem é ele?**. Terra tecnologia. Disponível em <https://www.terra.com.br/noticias/tecnologia/infograficos/ceos/>. Acesso em: 14 de setembro de 2019.

TIANGANG. **Imersão de soja automática**. Disponível em: [https://portuguese.alibaba.com/product-detail/automatic-soyabean-soaking-machine-soybean-milk-production-equipment-tofu-production-equipment-618516445.html?spm=a2700.md\\_pt\\_PT.deiletai6.2.43893accRPfMwo](https://portuguese.alibaba.com/product-detail/automatic-soyabean-soaking-machine-soybean-milk-production-equipment-tofu-production-equipment-618516445.html?spm=a2700.md_pt_PT.deiletai6.2.43893accRPfMwo). Acesso em: 08 de outubro de 2020.

TORNUM. **Receiving Hopper**. Disponível em: <https://www.tornum.com/product/receiving-hopper/>. Acesso em: 24 de outubro de 2020.

TOWLER, Gavin; SINNOTT, Ray. **Chemical Engineering Design, Principles, Practice and Economics of Plant and Process Design**. Second edition. Elsevier Ltd. 2012.

TRIMBLE. **SketchUp Product**. Versão 2017-2-2555-90782. [S. l.]: Trimble, 2017. Disponível em: <https://www.sketchup.com/download/all>. Acesso em: 16 set. 2019.

TRINDADE, C. et al. **Development and sensory evaluation of saymilk based yoghurt**. *ALAN* [online]. v. 51, n.1, p. 100-104, 2001.

TRUPPEL, Anderson. **Redução de odores de uma lagoa de estabilização de esgoto sanitário e avaliação da qualidade de seu efluente**. 2002. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/83505/184973.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 12 de novembro de 2019.

Ucan. **500 liter water tank stainless steel mixing tank**. Disponível em: [https://www.alibaba.com/product-detail/500-liter-water-tank-stainless-steel\\_60616524557.html?spm=a2700.wholesale.deiletai6.2.485430aesDiqCc](https://www.alibaba.com/product-detail/500-liter-water-tank-stainless-steel_60616524557.html?spm=a2700.wholesale.deiletai6.2.485430aesDiqCc). Acesso em: 23 de julho de 2020.

Ucan. **Pasteurizador de leite de soja**. Disponível em: <https://portuguese.alibaba.com/product-detail/soybean-milk-pasteurizer-60612331721.html>. Acesso em: 31 de agosto de 2020.

UMBELINO, Daniela Cardoso et al. **Aspectos Tecnológicos e Sensoriais do "iogurte" de Soja Enriquecido Com Cálcio**. *Ciênc. Tecnol. Aliment.* Campinas, v. 21, n. 3, p. 276-280, Dez. 2001. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-206120011000300005&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-206120011000300005&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 05 de março de 2020.

VALDIR GEREMIA. **BOMBAS HELICOIDAIS**. Disponível em: <https://www.valge.com.br/bombas-helicoidais/#:~:text=A%20bomba%20helicoidal%2C%20ou%20bomba,centrifugas%20n%C3%A3o%20ob%C3%A9m%20bons%20resultados>. Acesso em: 24 de outubro de 2020.

VASCONCELOS, Elizeu. **Lagoa Facultativa**. Disponível em: <https://www.logicambiental.com.br/lagoa-facultativa/>. Acesso em: 08 de novembro de 2020.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Vol 1. 3ªed. Belo Horizonte. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2005.

WANDA. **Remove Solid**. Disponível em: <https://www.alibaba.com/product-detail/Remove-Solid-Stainless-Steel-Hanging->

Bag\_1600065512231.html?spm=a2700.details.deiletai6.2.6dd54a21aYceO8. Acesso em: 31 de agosto de 2020.

WDS OEM. **Manual Slide Thread Gate Valve Price List**. Disponível em: [https://www.alibaba.com/product-detail/Manual-slide-thread-gate-valve-price\\_62496804486.html](https://www.alibaba.com/product-detail/Manual-slide-thread-gate-valve-price_62496804486.html). Acesso em: 23 de outubro de 2020.

WILL MÁQUINAS. **Peneira Vibratória em aço inox 304**. 2020. Disponível em: <http://www.willmaquinas.com.br/maquinas/peneira-vibratoria-em-aco-inox-304/>. Acesso em: 10 de setembro de 2020.

YAZICI F., ALVAREZ V.B., HANSEN P.M.T. **Fermentation and properties of calcium-fortified soy milk yogurt**. J Food Sci. 1997; 62(3):457-61.

YOUNG, Hugh D; FREEDMAN, Roger A. **Física II: Termodinâmica e ondas**. Tradução por Adir Moisés Luiz. 10ªed. São Paulo. 2003.

YSLFOOD. **Máquina de imersão e lavagem de soja**. 2020. Disponível em: [https://www.yslfood.com/pt/product/Mquina-de-imerso-e-lavagem-de-soja/soaking\\_washing\\_machine.html](https://www.yslfood.com/pt/product/Mquina-de-imerso-e-lavagem-de-soja/soaking_washing_machine.html). Acesso em: 17 de julho de 2020.

**ANEXO 1 – PROPRIEDADES DA ÁGUA LÍQUIDA**

Tabela 1.1 – Propriedades água líquida

Temperatura (K)	Calor específico Cp(kJ/kg.K)	Massa específica $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Condutividade térmica k(W/m.K)
275	4,211	999,9	0,574
300	4,179	996,5	0,613
325	4,182	987,1	0,645
350	4,195	973,5	0,668
375	4,220	956,8	0,681
400	4,256	937,4	0,688

Fonte: Adaptado de Moran, 2018.

## ANEXO 2 – PROPRIEDADES DO R-22

Conversões da Pressão:  
1 bar = 0,1 MPa  
= 10<sup>2</sup> kPa

Propriedades do Refrigerante 22 Saturado (Líquido-Vapor): Tabela de Pressão

Press. bar	Temp. °C	Volume Específico m <sup>3</sup> /kg		Energia Interna kJ/kg		Entalpia kJ/kg			Entropia kJ/kg · K		Press. bar
		Líquido Sat. $v_f \times 10^3$	Vapor Sat. $v_g$	Líquido Sat. $u_f$	Vapor Sat. $u_g$	Líquido Sat. $h_f$	Evap. $h_{fg}$	Vapor Sat. $h_g$	Líquido Sat. $s_f$	Vapor Sat. $s_g$	
3,00	-14,66	0,7521	0,0765	27,99	221,34	28,22	216,07	244,29	0,1143	0,9502	3,00
3,25	-12,46	0,7561	0,0709	30,47	222,13	30,72	214,46	245,18	0,1238	0,9465	3,25
3,50	-10,39	0,7599	0,0661	32,82	222,88	33,09	212,91	246,00	0,1328	0,9431	3,50
3,75	-8,43	0,7636	0,0618	35,06	223,58	35,34	211,42	246,77	0,1413	0,9399	3,75
4,00	-6,56	0,7672	0,0581	37,18	224,24	37,49	209,99	247,48	0,1493	0,9370	4,00
4,25	-4,78	0,7706	0,0548	39,22	224,86	39,55	208,61	248,16	0,1569	0,9342	4,25
4,50	-3,08	0,7740	0,0519	41,17	225,45	41,52	207,27	248,80	0,1642	0,9316	4,50
4,75	-1,45	0,7773	0,0492	43,05	226,00	43,42	205,98	249,40	0,1711	0,9292	4,75
5,00	0,12	0,7805	0,0469	44,86	226,54	45,25	204,71	249,97	0,1777	0,9269	5,00
5,25	1,63	0,7836	0,0447	46,61	227,04	47,02	203,48	250,51	0,1841	0,9247	5,25
5,50	3,08	0,7867	0,0427	48,30	227,53	48,74	202,28	251,02	0,1903	0,9226	5,50
5,75	4,49	0,7897	0,0409	49,94	227,99	50,40	201,11	251,51	0,1962	0,9206	5,75
6,00	5,85	0,7927	0,0392	51,53	228,44	52,01	199,97	251,98	0,2019	0,9186	6,00

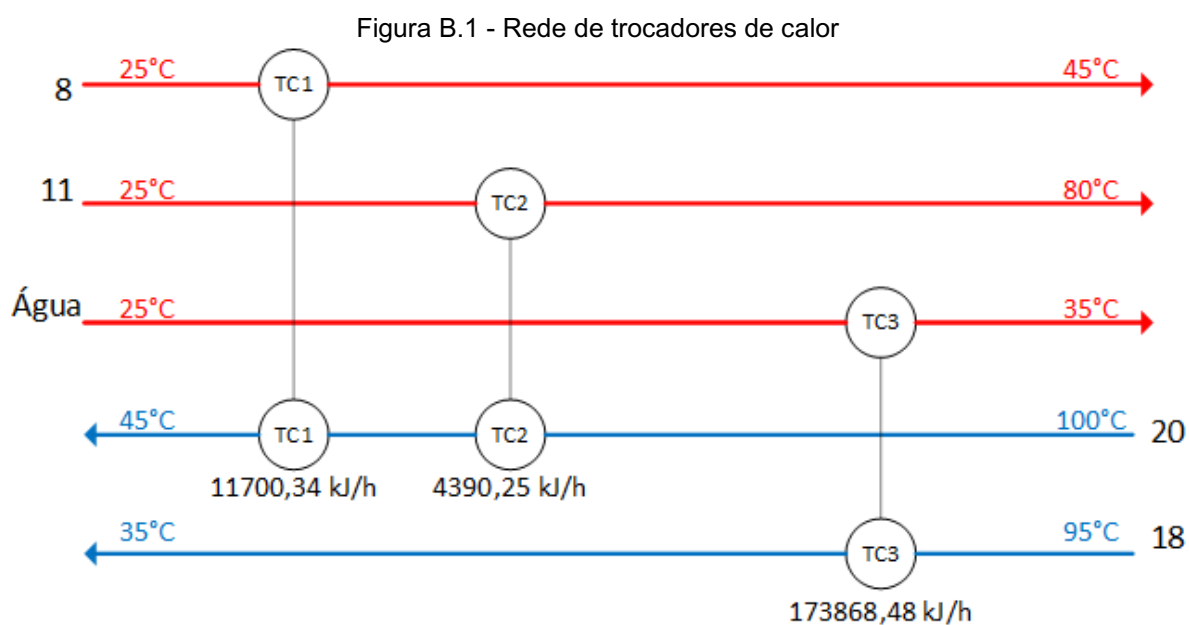
Fonte: Moran, 2018

## APÊNDICE A – ESCOLHA DAS CORRENTES PARA A ANÁLISE PINCH

- Corrente 8: Considerou-se a vazão de água utilizada no primeiro trocador de calor.
- Corrente 11: Considerou-se a vazão de água utilizada no segundo trocador de calor
- Corrente Água: Considerou-se a vazão de água utilizada para manter a temperatura dos fermentadores constante.
- Corrente 20: Considerou-se a vazão de leite do segundo resfriador. Utiliza-se essa corrente para esquentar as correntes 8 e 11.
- Corrente 18: Considerou-se a vazão de leite do primeiro resfriador. Utiliza-se essa corrente para esquentar a corrente água.

## APÊNDICE B – DIAGRAMA DE REDE DE TROCADORES DE CALOR

O diagrama de rede de trocadores de calor da integração energética da *Soy Health* se encontra na Figura B.1. No diagrama também se encontra o nome da corrente, a variação da temperatura e o calor disponível para ser trocado.



Fonte: Autoria própria, 2020.

O TC1 é referente ao primeiro trocador de calor, o TC2 ao segundo trocador de calor e o TC3 é referente aos fermentadores encamisados com controle de temperatura.

## APÊNDICE C – INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES DAS CORRENTES DO PFD DA SOY HEALTH

Tabela C.1 - Informação das correntes de 1 a 6 do PFD

<b>Corrente</b>	<b>01</b>	<b>02</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>05</b>	<b>06</b>
Temperatura (°C)	25	25	25	25	25	25
Pressão (atm)	1	1	1	1	1	1
Vazão mássica (kg/h)	100	100	100	99,4949	0,5051	6,1685
<b>Vazão mássica por componente</b>						
Umidade (kg/h)	14,0000	14,0000	14,0000	14,0000	-	-
Soja com cascas (kg/h)	84,5000	84,5000	84,5000	84,5000	-	-
Soja sem cascas (kg/h)	78,3315	78,3315	78,3315	78,3315	-	-
Cascas (kg/h)	6,1685	6,1685	6,1685	6,1685	-	6,1685
Impureza (kg/h)	1,5000	1,5000	1,5000	0,9949	0,5051	-

Fonte: Autoria própria, 2020.

Tabela C.2 - Informação das correntes de 7 a 12 do PFD

<b>Corrente</b>	<b>07</b>	<b>08</b>	<b>09</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
Temperatura (°C)	25	45	35,7	35,7	80	74,6
Pressão (atm)	1	1	1	1	1	1
Vazão mássica (kg/h)	93,3264	139,9897	189,1149	44,2012	756,4597	945,5747
<b>Vazão mássica por componente</b>						
Umidade (kg/h)	13,1320	-	112,1845	-	-	112,1845
Proteína (kg/h)	33,5871	-	32,8307	0,7564	-	32,8307
Gordura (kg/h)	17,6920	-	17,6920	-	-	17,6920
Carboidrato (kg/h)	24,0923	-	22,5796	1,5127	-	22,5796
Cinzas (kg/h)	3,8281	-	3,8281	-	-	3,8281
Impureza (kg/h)	0,9949	-	-	0,9949	-	-
Água (kg/h)	-	139,9897	-	40,9372	756,4597	756,4597

Fonte: Autoria própria, 2020.



Tabela C.3 - Informação das correntes de 13 a 18 do PFD

<b>Corrente</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>
Temperatura (°C)	25	95	95	95	25	35
Pressão (atm)	1	1	1	1	1	1
Vazão mássica (kg/h)	1,8911	947,4658	183,3130	764,1528	38,2077	802,3604
<b>Vazão mássica por componente</b>						
Umidade (kg/h)	-	112,1845	112,1845	-	-	-
Proteína (kg/h)	-	32,8307	5,4519	27,5095	-	27,5095
Gordura (kg/h)	-	17,6920	2,4815	15,2831	-	15,2831
Carboidrato (kg/h)	-	22,5796	0,5245	22,1604	-	22,1604
Cinzas (kg/h)	-	3,8281	0,0255	3,8208	-	3,8208
Água (kg/h)	-	756,4597	62,636	693,7337	-	693,7337
Bicarbonato de sódio (kg/h)	1,8911	1,8911	0,2458	1,6453	-	1,6453
Sal (kg/h)	-	-	-	-	15,2831	15,2831
Açúcar (kg/h)	-	-	-	-	22,9246	22,9246

Fonte: Autoria própria, 2020.

Tabela C.4 - Informação das correntes de 19 a 23 do PFD

<b>Corrente</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>
Temperatura (°C)	35	100	45	45	25
Pressão (atm)	197,385	1	1	1	1
Vazão mássica (kg/h)	802,3604	802,3604	401,1802	401,1802	0,4012
<b>Vazão mássica por componente</b>					
Proteína (kg/h)	27,5095	27,5095	13,7547	13,7547	-
Gordura (kg/h)	15,2831	15,2831	7,6415	7,6415	-
Carboidrato (kg/h)	13,2330	13,2330	6,6481	6,6481	-
Cinzas (kg/h)	3,8208	3,8208	1,9104	1,9104	-
Água (kg/h)	693,7337	693,7337	346,8669	346,8669	-
Bicarbonato de sódio (kg/h)	1,6453	1,6453	0,8226	0,8226	-
Sal (kg/h)	15,2831	15,2831	7,6052	7,6052	-
Sacarose (kg/h)	31,7888	31,7888	15,8944	15,8944	-
Fermento (kg/h)	-	-	-	-	0,4012

Fonte: Autoria própria, 2020.

Tabela C.5 - Informação das correntes de 24 a 27 do PFD

<b>Corrente</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>
Temperatura (°C)	25	45	45	8
Pressão (atm)	1	1	1	1
Vazão mássica (kg/h)	19,2759	401,5814	420,8573	420,8573
<b>Vazão mássica por componente</b>				
Proteína (kg/h)	0,1542	13,7547	13,9090	13,9090
Gordura (kg/h)	-	7,6415	7,6415	7,6415
Carboidrato (kg/h)	-	6,6481	6,6481	6,6481
Cinzas (kg/h)	-	1,9104	1,9104	1,9104
Água (kg/h)	17,2327	346,7062	363,9389	363,9389
Bicarbonato de sódio (kg/h)	-	0,8226	0,8226	0,8226
Sal (kg/h)	-	7,6415	7,6415	7,6415
Sacarose (kg/h)	1,6385	14,4487	16,0871	16,0871
Fermento (kg/h)	-	0,4012	0,4012	0,4012
Fibra (kg/h)	0,2506	-	0,2506	0,2506
Ácido láctico (kg/h)	-	1,6063	1,6063	1,6063

Fonte: Autoria própria, 2020.

## **APÊNDICE D – INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES ANÁLISE FINANCEIRA**

Este apêndice dispõe das especificações e cálculos complementares utilizados na análise financeira do projeto da empresa *Soy Health*.

- Apêndice D.1 – Custo de infraestrutura e equipamento
- Apêndice D.2 – Custo fixo e depreciação
- Apêndice D.3 – Folha de pagamento dos funcionários
- Apêndice D.4 – Custo com insumos e energia
- Apêndice D.5 – Receita bruta e tributos

## Apêndice D.1 - Custo de infraestrutura e equipamento

Tabela D.1.1 – Especificação e custo dos equipamentos

Equipamentos	Quantidade	Preço parcial (R\$)	Preço total (R\$)
Balança rodoviária	1	R\$ 30.500,00	R\$ 30.500,00
Peneira	1	R\$ 1.500,00	R\$ 1.500,00
Moega	1	R\$ 35.000,00	R\$ 35.000,00
Rosca transportadora	1	R\$ 1.800,00	R\$ 1.800,00
Silos	1	R\$ 467.121,95	R\$ 467.121,95
Balança industrial	1	R\$ 5.190,24	R\$ 5.190,24
Descascadora de grãos	1	R\$ 8.900,00	R\$ 8.900,00
Tanque de hidratação	6	R\$ 36.331,71	R\$ 217.990,26
Moinho	1	R\$ 6.228,29	R\$ 6.228,29
Tanque de tratamento térmico	1	R\$ 41.521,95	R\$ 41.521,95
Centrífuga	2	R\$ 83.043,90	R\$ 166.087,80
Tanque de resfriamento 500 L	1	R\$ 22.681,37	R\$ 22.681,37
Tanque de resfriamento 1000 L	2	R\$ 26.989,27	R\$ 53.978,54
Homogeneizador	1	R\$ 36.331,71	R\$ 36.331,71
Pasteurizador	1	R\$ 133.908,29	R\$ 133.908,29
Fermentador	9	R\$ 20.760,98	R\$ 186.848,82
Tanque de adição	1	R\$ 19.722,93	R\$ 19.722,93
Embalador	2	R\$ 155.707,32	R\$ 311.414,64
Caldeira 1	1	R\$ 57.092,68	R\$ 57.092,68
Caldeira 2	1	R\$ 83.043,90	R\$ 83.043,90
Trocador de calor (placas)	1	R\$ 704,90	R\$ 704,90
Trocador de calor	1	R\$ 1.038,05	R\$ 1.038,05
Bomba centrífuga	4	R\$ 1.415,25	R\$ 5.661,00
Bomba helicoidal	14	R\$ 1.650,00	R\$ 23.100,00
Compressor	2	R\$ 622,83	R\$ 1.245,66
Válvula solenoide	12	R\$ 532,00	R\$ 6.384,00
Válvula gaveta	22	R\$ 425,60	R\$ 9.363,20
Sistema CIP	1	R\$ 88.888,50	R\$ 88.888,50
<b>Total</b>		<b>R\$ 1.368.653,62</b>	<b>R\$ 2.023.248,68</b>

Fonte: Autoria própria, 2020.

Tabela D.1.2 – Custo de infraestrutura

	Área de construção (m <sup>2</sup> )	R\$/m <sup>2</sup>	Total (R\$)
Terreno	0	R\$	0 R\$ 587.000,00
Obras-Indústria	958,8	R\$	886,80 R\$ 850.263,84
Obras-Administrativo	156,7	R\$	1.610,21 R\$ 252.319,91
Obras-Elétricas	1115,5	R\$	589,47 R\$ 657.556,62
<b>Total</b>			<b>R\$ 2.347.140,37</b>

Fonte: Autoria própria, 2020.

## Apêndice D.2 – Custo fixo e depreciação

Tabela D.2.1 – Custo fixo da *Soy Health*

<b>Fonte</b>	<b>Preço (R\$)</b>	
Folha de pagamento	R\$	1.380.767,29
Telefone e internet	R\$	1.080,00
IPTU	R\$	4.109,00
Seguro	R\$	14.082,84
<b>Total</b>	<b>R\$</b>	<b>1.400.039,14</b>

Fonte: Autoria própria, 2020.

Tabela D.2.2 – Depreciação anual

<b>Ativos fixos</b>	<b>Taxa anual</b>	<b>Valor inicial</b>		<b>Valor depreciado</b>	
Equipamentos de produção	10%	R\$	1.862.684,27	R\$	186.268,43
Equipamentos eletrônicos	20%	R\$	142.636,58	R\$	28.527,32
Edificações	4%	R\$	2.347.140,37	R\$	93.885,61
Instalações	10%	R\$	50.000,00	R\$	5.000,00
<b>Total</b>				<b>R\$</b>	<b>313.681,36</b>

Fonte: Autoria própria, 2020.

## Apêndice D.3 – Folha de pagamento dos funcionários

Tabela D.3 – Folha de pagamento da Soy Health

						Despesas mensais		Provisões				Custos total
Cargo	Quantidade	Pró-labore	Salário	Insalubridade e periculosidade	Vales ou Auxílio	Salário	INSS	FGTS	13º	Férias	FGTS	Anual
Presidente	1	R\$ 10.000,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 2.000,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 120.000,00
Engenheiro Químico	1	R\$ 8.000,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 1.600,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 96.000,00
Diretor comercial	1	R\$ 8.000,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 1.600,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 96.000,00
Diretor administrativo	1	R\$ 0,00	R\$ 8.750,00	R\$ 0,00	R\$ 525,00	R\$ 8.225,00	R\$ 987,00	R\$ 658,00	R\$ 685,42	R\$ 913,89	R\$ 127,94	R\$ 111.531,00
Diretor de produção	1	R\$ 0,00	R\$ 12.760,00	R\$ 0,00	R\$ 765,60	R\$ 11.994,40	R\$ 1.439,33	R\$ 959,55	R\$ 999,53	R\$ 1.332,71	R\$ 186,58	R\$ 162.644,06
Diretor de marketing	1	R\$ 0,00	R\$ 3.218,00	R\$ 0,00	R\$ 193,08	R\$ 3.024,92	R\$ 362,99	R\$ 241,99	R\$ 252,08	R\$ 336,10	R\$ 47,05	R\$ 41.017,92
Zelador	2	R\$ 0,00	R\$ 1.400,00	R\$ 0,00	R\$ 84,00	R\$ 2.632,00	R\$ 315,84	R\$ 210,56	R\$ 219,33	R\$ 292,44	R\$ 40,94	R\$ 35.689,92
Químico	2	R\$ 0,00	R\$ 3.950,00	R\$ 1.185,00	R\$ 237,00	R\$ 9.796,00	R\$ 1.175,52	R\$ 783,68	R\$ 816,33	R\$ 1.088,44	R\$ 152,38	R\$ 132.833,76
Operador	6	R\$ 0,00	R\$ 1.350,00	R\$ 405,00	R\$ 81,00	R\$ 10.044,00	R\$ 1.205,28	R\$ 803,52	R\$ 837,00	R\$ 1.116,00	R\$ 156,24	R\$ 136.196,64
Auxiliar de RH	1	R\$ 0,00	R\$ 1.550,00	R\$ 0,00	R\$ 93,00	R\$ 1.457,00	R\$ 174,84	R\$ 116,56	R\$ 121,42	R\$ 161,89	R\$ 22,66	R\$ 19.756,92
Vendedor	1	R\$ 0,00	R\$ 1.500,00	R\$ 0,00	R\$ 90,00	R\$ 1.410,00	R\$ 169,20	R\$ 112,80	R\$ 117,50	R\$ 156,67	R\$ 21,93	R\$ 19.119,60
Operador noturno	4	R\$ 0,00	R\$ 1.620,00	R\$ 486,00	R\$ 97,20	R\$ 8.035,20	R\$ 964,22	R\$ 642,82	R\$ 669,60	R\$ 892,80	R\$ 124,99	R\$ 108.957,31
Porteiro	2	R\$ 0,00	R\$ 1.680,00	R\$ 0,00	R\$ 100,80	R\$ 3.158,40	R\$ 379,01	R\$ 252,67	R\$ 263,20	R\$ 350,93	R\$ 49,13	R\$ 42.827,90
<b>Total</b>	<b>18</b>											<b>R\$ 1.122.575,04</b>

Fonte: Autoria própria, 2020.

## Apêndice D.4 – Custo com insumos e energia

Tabela D.4.1 – Custo de insumos

<b>Material</b>	<b>Quantidade (kg, L, un/ano)</b>	<b>Preço(R\$/kg, L, un.)</b>	<b>Preço total (R\$)</b>
Soja	864000	R\$ 2,41	R\$ 2.085.552,00
Sacarose	193352,63	R\$ 1,73	R\$ 333.610,62
Enzima	3383,84	R\$ 196,80	R\$ 665.938,81
Água	8230407,67	R\$ 0,01	R\$ 74.732,10
Embalagens	8874076,78	R\$ 0,15	R\$ 1.331.111,52
Rotulo	8874076,78	R\$ 0,01	R\$ 88.740,77
Caixa	3383668,43	R\$ 0,20	R\$ 676.733,69
Frete	12	R\$ 2.025,97	R\$ 24.311,64
Polpa	162578,45	R\$ 16,25	R\$ 2.641.899,78
Floculante	102,56	R\$ 225,00	R\$ 23.076,90
R-22	4132,00	R\$ 36,76	R\$ 151.908,80
Ácido fosfórico	942,92	R\$ 40,00	R\$ 37.716,75
Soda Cáustica	942,92	R\$ 20,00	R\$ 18.858,37
<b>Total</b>			<b>R\$ 8.154.191,75</b>

Fonte: Autoria própria, 2020.

Tabela D.4.2 – Custo de energia

<b>Equipamento</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Potência (kW)</b>	<b>Preço no ano (R\$)</b>
Peneira	1	0,74	R\$ 3.946,42
Rosca	1	1,1	R\$ 5.866,30
Descascadeira	1	1,34	R\$ 7.146,22
Moinho	1	3	R\$ 15.999,00
Hidratação	1	0,7	R\$ 3.733,10
Centrifuga	1	22	R\$ 117.325,97
Homogeneizador	1	5,5	R\$ 29.331,49
Pasteurizador	1	5,2	R\$ 27.731,59
Misturador	1	0,75	R\$ 3.999,75
Embaladoras	2	1,5	R\$ 15.999,00
Caldeira 1	1	160	R\$ 853.279,82
Caldeira 2	1	120	R\$ 639.959,86
Resfriador 1	1	3,8	R\$ 20.265,40
Resfriador 2	1	1,5	R\$ 7.999,50
Bombas helicoidais	14	0,37	R\$ 27.837,72
Bombas centrifugas	4	2,21	R\$ 47.069,05
Compressor	2	0,45	R\$ 4.799,70
CIP	1	2,20	R\$ 11.732,60
<b>Total</b>		<b>332,35935</b>	<b>R\$ 1.844.022,48</b>

Fonte: Autoria própria, 2020.

## Apêndice D.5 – Receita bruta e tributos

Tabela D.5.1 – Cálculo da receita bruta

Produtos	Produção no ano (L/Kg)	Caixas (1L)	Bandeja (400 g)	Preço (R\$/unidade)	Receita Bruta
Leite	3383668	3383668	0	R\$ 2,00	R\$ 6.767.336,86
logurte	3549630	0	8874077	R\$ 1,90	R\$ 16.860.745,89
Total					R\$ 23.628.082,75

Fonte: Autoria própria, 2020.

Tabela D.5.2 – Tributos sobre produtos e receita líquida

Produtos	Receita Bruta	ICMS	PIS	COFINS	Receita
Leite	R\$ 6.767.336,86	18%	0,65%	3%	R\$ 5.302.208,43
logurte	R\$ 16.860.745,89	18%	1%	3%	R\$ 13.210.394,40
Total	R\$ 23.628.082,75				R\$ 18.512.602,83

Fonte: Autoria própria, 2020.

Tabela D.5.3 – Tributos para cálculo do lucro presumido

Tributo	Taxa
IRPJ	15%
CSLL	9%
Base IRPJ	8%
Base CSLL	12%
AD/IRPJ	10%

Fonte: Autoria própria, 2020.

Tabela D.5.4 – Cálculo dos tributos para o lucro presumido

Impostos sobre lucro presumido	
Receita líquida	R\$ 18.512.602,83
IRPJ base	R\$ 1.481.008,23
CSLL base	R\$ 2.221.512,34
IRPJ	R\$ 346.252,06
CSLL	R\$ 199.936,11
Total	R\$ 546.188,17

Fonte: Autoria própria, 2020.