

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA  
CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA

Gilberto Antonio Brzozovski Filho  
Natália Furlin Renosto  
Tomás da Silveira Balestrin

**PRODUÇÃO DE SUPLEMENTO (*WHEY PROTEIN*)  
CONCENTRADO E ISOLADO A PARTIR DE SORO DE LEITE**

Santa Maria, RS  
2021

**Gilberto Antonio Brzozovski Filho  
Natália Furlin Renosto  
Tomás da Silveira Balestrin**

**PRODUÇÃO DE SUPLEMENTO (*WHEY PROTEIN*)  
CONCENTRADO E ISOLADO A PARTIR DE SORO DE LEITE**

**Trabalho de Conclusão de Curso submetido  
ao Departamento de Engenharia Química  
da Universidade Federal de Santa Maria  
como parte da avaliação da disciplina de  
Engenharia de Processos III e requisito  
para obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia Química.**

Orientadora: Profa Dra. Monica Beatriz Alvarado Soares

Santa Maria, RS  
2021

**Gilberto Antonio Brzozovski Filho  
Natália Furlin Renosto  
Tomás da Silveira Balestrin**

**PRODUÇÃO DE SUPLEMENTO (WHEY PROTEIN) CONCENTRADO E  
ISOLADO A PARTIR DE SORO DE LEITE**

**Trabalho de Conclusão de Curso submetido  
ao Departamento de Engenharia Química  
da Universidade Federal de Santa Maria  
como parte da avaliação da disciplina de  
Engenharia de Processos III e requisito  
para obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia Química.**

---

Monica Beatriz Alvarado Soares, Dra. (UFSM)  
(Presidente/Orientador)

---

Damaris Kirsch Pinheiros, Dra. (UFSM)

---

Lisiane de Marsillac Terra, Dra. (UFSM)

Santa Maria, RS  
2021

## RESUMO

### PRODUÇÃO DE SUPLEMENTO (*WHEY PROTEIN*) CONCENTRADO E ISOLADO A PARTIR DE SORO DE LEITE

#### AUTORES:

Gilberto Antonio Brzozovski Filho

Natália Furlin Renosto

Tomás da Silveira Balestrin

ORIENTADORA: Monica Beatriz Alvarado Soares

O presente trabalho faz parte do pré-requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química na Universidade Federal de Santa Maria - RS, e trata da análise da viabilidade técnica e econômica da indústria de proteína concentrada e isolada de soro de leite, considerando todas as etapas para a realização do empreendimento.

No estudo afere-se a análise de mercado, do público alvo, dos concorrentes e fornecedores. Realizou-se a análise técnica do processo, definindo as tecnologias a serem empregadas para a produção do suplemento. Levou-se em consideração, ainda, a gestão de qualidade, os aspectos referentes à legislação e como a empresa MOLOTEK deve-se encaixar nos padrões regulatórios fornecidos pelo governo brasileiro. Por fim, a parte financeira do projeto foi estruturada com valores, custos e lucros.

Com a aplicação dos balanços de massa e a tecnologia de membranas serão processados 1,5 milhão de litros de soro por dia, provenientes das queijarias localizadas no estado de Minas Gerais, um dos maiores produtores de queijo e leite do país. Produzindo assim 10 toneladas de produto diárias, sendo duas toneladas de *Whey Protein Isolado* e oito toneladas de *Whey Protein Concentrado*.

A comercialização desses dois tipos de concentrado protéico fornecerá, uma renda bruta de R\$ 391.071.209,59 anuais, sendo que o investimento inicial para construção e operação da planta é de R\$ 97.282.938,65. Assim, verificou-se a rentabilidade e viabilidade do projeto.

Palavras-Chave: Soro de Leite. *Whey Protein*. Engenharia de processos. Membranas.

## **AGRADECIMENTOS**

A realização deste trabalho contou com o apoio, auxílio, orientação, compreensão e dedicação de várias pessoas. Agradecemos a todos que de alguma forma contribuíram para a conclusão deste estudo e, de maneira especial agradecemos:

- a Universidade Federal de Santa Maria, pelo ensino público, gratuito e de qualidade que nos permitiu chegar até o momento da apresentação deste trabalho;
- aos nossos professores de Graduação, pela inestimável contribuição para nossa formação e crescimento pessoal e profissional, e de maneira especial a Prof. Dra. Monica Beatriz Alvarado Soares, que contribui na orientação deste estudo;
- aos nossos pais e familiares pela cumplicidade, solidariedade, apoio e incentivo ao longo de toda nossa vida e também em nossa formação acadêmica;

Enfim a todos que fazem parte das nossas vidas e que são essenciais para que nos tornemos melhores a cada dia.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Logo da empresa Growth .....	27
Figura 2 - Logo da empresa Integralmédica.....	28
Figura 3 - Logo da empresa Midway.....	28
Figura 4 - Logo da empresa Max Titanium.....	29
Figura 5 - Logo da empresa Probiótica.....	29
Figura 6 - Logo Polenghi.....	30
Figura 7 - Logo Italc.....	31
Figura 8 - Logo da Nestlé.....	31
Figura 9 - Logo Piracanjuba .....	32
Figura 10 - Logo CALU.....	32
Figura 11 - Logo Itambé .....	33
Figura 12 - Logomarca empresa Tourinho.....	33
Figura 13 - Localização de Uberlândia em nível Estadual.....	37
Figura 14 - Laticínios nas proximidades do município de Uberlândia - MG.....	37
Figura 15 - Localização da unidade produtiva.....	38
Figura 16 - Canvas do modelo de negócio .....	39
Figura 17 - Fluxograma do processo produtivo.....	66
Figura 18 - Fluxograma da alimentação de soro de leite no evaporador.....	69
Figura 19 - Balanço de massa da membrana de microfiltração.....	71
Figura 20 - Balanço de massa para a membrana de ultrafiltração.....	73
Figura 21 - Fluxograma da etapa de obtenção de <i>Whey Protein Concentrado</i> .....	75
Figura 22 - Tanque pulmão 1.....	76
Figura 23 - Ultrafiltração do processo de produção de <i>Whey Protein Concentrado</i> .....	77
Figura 24 - Spray dryer utilizado no processamento de <i>WPC</i> .....	79
Figura 25 - Processo produtivo do <i>Whey Protein Isolado</i> .....	81
Figura 26 - Sistema de microfiltração do <i>Whey Protein Isolado</i> .....	82
Figura 27 - Primeira ultrafiltração de <i>Whey Protein Isolado 1</i> .....	83
Figura 28 - Tanque pulmão para filtração.....	85
Figura 29 - Segunda ultrafiltração <i>Whey Protein Isolado</i> .....	86
Figura 30- <i>Spray dryer</i> utilizado no processamento de <i>WPI</i> .....	88
Figura 31 - Representação esquemática do spray dryer segundo o super pro.....	96
Figura 32 - Especificações do sistema de evaporação.....	98
Figura 33 - Sistema de evaporação da MOLOTEK .....	98
Figura 34 - Informações do sistema de filtração da MOLOTEK .....	100
Figura 35 - <i>Spray dryer</i> .....	103
Figura 36 - Envasadora escolhida .....	105
Figura 37 - Layout do processo produtivo da MOLOTEK.....	113
Figura 38 - Dados de remoção de DBO de acordo com o tipo de tratamento.....	119
Figura 39 - Sistema de tratamento de efluentes utilizado pela MOLOTEK.....	119
Figura 40 - Sistema de controle.....	121
Figura 41 - Resumo do financiamento com o BNDES.....	144
Figura 42 - Planta baixa das instalações de água fria.....	160
Figura 43 - Planta baixa das instalações de água quente.....	163
Figura 44 - Planta baixa das instalações de vapor.....	166

Figura 45 - Planta baixa das instalações de ar comprimido.....	169
Figura 46 - Planta baixa das instalações de água CIP.....	173
Figura 47 - Planta baixa das instalações do processo.....	178

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Produção mundial de queijo em 2014.....	19
Tabela 2 - Dados da produção de queijo no Brasil.....	35
Tabela 3 - Composição química do soro de leite.....	49
Tabela 4 - Quantidade média de vitaminas em 100 g de soro de leite em pó.....	50
Tabela 5 - Quantidade média de sais minerais em 100 g de soro de leite em pó.....	50
Tabela 6 - Características físico-químicas das proteínas do soro de leite.....	51
Tabela 7 - Composição dos principais produtos derivados do soro de leite.....	53
Tabela 8 - Composição proteica do <i>WPC 80</i> .....	54
Tabela 9 - Propriedades tecno-funcionais conferidas a alimentos por concentrados protéicos de soro.....	54
Tabela 10 - PSM relacionados pelo tamanho de poros das membranas e respectivas pressões de operação.....	60
Tabela 11 - Composição média do soro de leite .....	69
Tabela 12 - Resultados das frações e vazões de cada componente presente no soro de leite após a evaporação.....	71
Tabela 13 - Resultados das frações e vazões de cada componente presente no soro de leite microfiltrado.....	73
Tabela 14 - Resultados dos balanços para a ultrafiltração.....	75
Tabela 15 - Balanço de massa do tanque pulmão .....	77
Tabela 16 - Resultados dos balanços de massa para a ultrafiltração do <i>Whey Protein Concentrado</i> .....	79
Tabela 17 - Resultados do balanço de massa para o Spray dryer para a produção do <i>Whey Protein Concentrado</i> .....	81
Tabela 18 - Resultados do balanço de massa para o sistema de microfiltração da produção do <i>Whey Protein Isolado</i> .....	84
Tabela 19 - Resultado do balanço de massa para o primeiro sistema de ultrafiltração de <i>Whey Protein Isolado</i> .....	85
Tabela 20 - Balanço de massa para o segundo tanque pulmão .....	88
Tabela 21 - Resultado do balanço de massa para o segundo sistema de ultrafiltração da produção do <i>Whey Protein Isolado</i> .....	88
Tabela 22 - Resultado do balanço de massa para <i>Spray dryer</i> da produção do <i>Whey Protein Isolado</i> .....	90
Tabela 23 - Parâmetros iniciais utilizados nos cálculos, retirados da literatura.....	91
Tabela 24 - Resultado do balanço de massa.....	92
Tabela 25 - Elevação do ponto de ebulição nos 3 efeitos.....	93
Tabela 26 - Variações de temperaturas totais e em cada um dos efeitos.....	94
Tabela 27 - Cp e entalpia da corrente líquida.....	94
Tabela 28 - Entalpia e calor latente das correntes de vapor.....	94
Tabela 29 - Valores finais das correntes do evaporador de triplo efeito.....	95
Tabela 30 - Área e calor trocado (q) em cada efeito.....	96
Tabela 31 - Dados da secagem por atomização obtidos pelo superpro.....	97
Tabela 32 - Fluxo volumétrico que passa pelas membranas.....	100
Tabela 33 - Valores típicos da taxa de produção da membrana.....	101
Tabela 34 - Valores da área e Número de módulos para o sistema de filtração .....	102



Tabela 35 - Relação entre membranas, custo por m <sup>2</sup> e densidade de energia requerido...	102
Tabela 36 - Especificações dos <i>Spray Dryer</i> para o processo de secagem.....	104
Tabela 37 - Especificações técnicas da envasadora.....	106
Tabela 38 - Valores e demanda de insumos para produção diária.....	108
Tabela 39 - Equipamentos e demanda de ar comprimido (m <sup>3</sup> /h).....	112
Tabela 40 - Demanda do sistema CIP.....	113
Tabela 41 - Parâmetros do soro de leite doce.....	118
Tabela 42 - Detalhamento da instrumentação do processo.....	124
Tabela 43 - Custos com equipamentos.....	127
Tabela 44 - Custo para implementação da unidade industrial.....	128
Tabela 45 - Custos para implementação dos escritórios.....	129
Tabela 46 - Custos para implementação da sala de reuniões.....	130
Tabela 47 - Custos para implementação da recepção da MOLOTEK .....	131
Tabela 48 - Custo de implementação do refeitório.....	131
Tabela 49 - Custos para implementação dos banheiros e vestiários.....	132
Tabela 50 - Custo para a implementação da lavanderia.....	132
Tabela 51 - Custos para implementação dos laboratórios .....	133
Tabela 52 - Custos relativos aos equipamentos dos laboratórios de análise.....	133
Tabela 53 - Custos relativos aos materiais utilizados nos laboratórios de análise.....	134
Tabela 54 - Custos referentes às lâmpadas da empresa.....	136
Tabela 55 - Custos relativos ao licenciamento e às taxas.....	137
Tabela 56 - Custos relativos a salários .....	138
Tabela 57 - Distribuição dos encargos trabalhistas e sociais.....	139
Tabela 58 - Preço do <i>Whey Protein Concentrado</i> e <i>Whey Protein Isolado</i> . .....	140
Tabela 59 - Receita bruta. ....	141
Tabela 60 - Margem bruta do produto.....	142
Tabela 61 - Demandas de energia elétrica por equipamento.....	144
Tabela 62 - Estimativa de custos com utilidades. ....	145
Tabela 63 - Detalhamento do investimento inicial.....	146
Tabela 64 - Prestações simplificadas a serem pagas ao longo de cinco anos. ....	148
Tabela 65 - Custos fixos e variáveis.....	148
Tabela 66 - Fluxo de caixa para o período de 7 anos.....	150
Tabela 67 - Fluxo de caixa acumulado .....	151
Tabela 68 - Demanda de água fria.....	160
Tabela 69 - Dimensionamento das tubulações de água fria.....	161
Tabela 70 - Definição da bitola para tubulações de água fria.....	162
Tabela 71 - Demanda de água quente.....	164
Tabela 72 - Dimensionamento das tubulações de água quente.....	164
Tabela 73 - Definição de bitola para tubulações de água quente... ..	165
Tabela 74-Trechos Vazões dos equipamentos que demandam vapor .....	167
Tabela 75-Dimensionamento da tubulação de vapor.....	167
Tabela 76-Escolha da bitola e da quantidade de tubos da tubulação de vapor.....	168
Tabela 77 - Demanda de ar comprimido.....	170
Tabela 78 -Dimensionamento da instalação de ar comprimido .....	171
Tabela 79 - Escolha da bitola da instalação de ar comprimido.....	172
Tabela 80 - Dimensionamento CIP.....	174

Tabela 81 - Definição da bitola para CPI.....	175
Tabela 82 - Demandas da linha de produção.....	178
Tabela 83 - Dimensionamento das tubulações do processo.....	179
Tabela 84 - Escolha das bitolas e quantidade de tubulações do processo.....	180
Tabela 85 - Potência das bombas do processo.....	185
Tabela 86 - Parâmetros de embalagens.....	202

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Evolução da produção de queijos no Brasil (em toneladas).....	21
Gráfico 2 - Previsão de crescimento no mercado mundial.....	26
Gráfico 3 - Quantidade de leite cru, resfriado ou não, industrializado (Mil litros).....	36
Gráfico 4 - Porcentagem da distância de laticínios até o destino final do soro de leite.....	56
Gráfico 5 - Frequência de transporte do soro de leite.....	57
Gráfico 6 - Fluxo de caixa acumulado.....	152

## LISTA DE ABREVIATURAS

ABA	Associação Brasileira de Academia
ABENUTRI	Associação Brasileira de Empresas de Produtos Nutricionais
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ABIAD	Associação Brasileira da Indústria de Alimentos para Dietéticos e Especiais
ABIQ	Associação Brasileira de Indústrias de Queijos
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANSI	American National Standards Institute
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
AM	Área das membranas em m <sup>2</sup>
APPCC/HACCP	Sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle
aw	Atividade de Água
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BPF	Boas Práticas de Fabricação
BRASNUTRI	Associação Brasileira dos Fabricantes de Suplementos Nutricionais e Alimentos para Fins Especiais
CALU	Cooperativa Agropecuária Ltda de Uberlândia
CIP	Clean in Place
CNPJ	Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica
COFINS	Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
C <sub>p</sub>	Calor Específico
CPF	Cadastro de Pessoa Física
CPS 80	Concentrado Protéico do Soro
CUB	Custo Unitário Básico
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DTA	Doenças Transmitidas por Alimentos
EPAGRI	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
EPE	Elevação do Ponto de Ebulição
EPI	Equipamento de Proteção Individual
ETE	Estação de Tratamento de Efluentes
EV	Evaporador
FAO	Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação
FEAM	Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais
FEPAM	Fundação Estadual de Proteção Ambiental
FGTS	Fundo de Garantia por Tempo de Serviço
FI	Medidor de Vazão
h <sub>l</sub>	Entalpia do Líquido
H <sub>v</sub>	Entalpia do Vapor Superaquecido
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
IPS 90	Isolado Protéico do Soro
LA	Lodo Ativado
LAN	Lagoa Anaeróbica

LF	Lagoa Facultativa
LI	Licença de Instalação
LO	Licença de Operação
LP	Licença Prévia
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MT	Medidor de Umidade Relativa
MF	Microfiltração
NF	Nanofiltração
NM	Número de módulos
OI	Osmose Inversa
PDCAAS	Protein Digestibility Corrected Amino Score
pH	Potencial Hidrogeniônico
PIC	Controlador de Pressão
PIS	Programa de Integração Social
PSCIP	Processo de Segurança Contra Incêndio e Pânico
PSM	Processos de Separação de Membranas
PT	Transmissor de Pressão
qM	Taxa de produção da membrana que é um valor obtido experimentalmente
QP	Vazão de permeado em L/h
RH	Recursos Humanos
ROI	Retorno sobre o Investimento
SD	<i>Spray Dryer</i>
SECOVI	Sindicato da habitação do triângulo mineiro e alto Paranaíba
SINDUSCON	Sindicato da Indústria da Construção Civil
T	Tanque de Armazenamento
TIC	Controlador de Temperatura
TP	Tanque Pulmão
TIR	Taxa Interna de Retorno
TIT	Transmissor Indicador de Temperatura
UF	Ultrafiltração
USD	Dólar
WHO	Organização Mundial da Saúde
WPC	Whey Protein Concentrado
WPI -	Whey Protein Isolado
xi	Fração Mássica
$\lambda$	Calor Latente

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>17</b>
1.1 OBJETIVO GERAL .....	18
<b>1.1.1 Objetivo específico</b> .....	<b>18</b>
1.2 JUSTIFICATIVA .....	19
<b>2 ANÁLISE DE MERCADO</b> .....	<b>20</b>
2.1 PÚBLICO ALVO .....	23
2.2 ECONOMIA DO WHEY PROTEIN .....	23
2.3 ANÁLISE DE CONCORRENTES E FORNECEDORES .....	27
<b>2.3.1 Análise de concorrentes</b> .....	<b>27</b>
2.3.1.1 <i>Growth</i> .....	27
2.3.1.2 <i>Integralmedica</i> .....	28
2.3.1.3 <i>Midway suplementos</i> .....	28
2.3.1.4 <i>Max Titanium</i> .....	29
2.3.1.5 <i>Probiotica</i> .....	29
<b>2.3.2 Análise de Fornecedores</b> .....	<b>30</b>
2.3.2.1 <i>Polenghi</i> .....	30
2.3.2.2 <i>Italac</i> .....	31
2.3.2.3 <i>Nestlé</i> .....	31
2.3.2.4 <i>Piracanjuba</i> .....	32
2.3.2.5 <i>Cooperativa Agropecuária Ltda de Uberlândia (CALU)</i> .....	32
2.3.2.6 <i>Itambé</i> .....	33
2.3.2.7 <i>Tourinho</i> .....	33
<b>3 EMPRESA</b> .....	<b>34</b>
3.1 LOCALIZAÇÃO DA PLANTA INDUSTRIAL .....	34
<b>3.1.1 Custo de compra do Terreno</b> .....	<b>38</b>
3.2 O MODELO DE NEGÓCIO.....	38
3.3 PRINCIPAIS PARCEIROS .....	39
3.4 ATIVIDADE CHAVE .....	40
3.5 RECURSOS CHAVE .....	40
3.6 PROPOSTA DE VALOR .....	40
3.7 RELAÇÃO COM O CLIENTE .....	41
3.8 CANAIS .....	41
3.9 SEGMENTO DE MERCADO .....	42
3.10 ESTRUTURA DE CUSTOS .....	42
3.11 FONTE DE RECEITAS .....	43
<b>4 EXIGÊNCIAS LEGAIS</b> .....	<b>43</b>

4.1 ETAPAS DO LICENCIAMENTO AMBIENTAL .....	43
4.2 REGULAMENTAÇÕES .....	44
4.3 NORMAS REGULAMENTADORAS .....	46
<b>5 DEFINIÇÃO DA MATÉRIA PRIMA: SORO DE LEITE .....</b>	<b>47</b>
5.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO SORO DE LEITE.....	47
5.2 LACTOSE .....	48
5.3 VITAMINAS E SAIS MINERAIS .....	48
5.4 PROTEÍNAS .....	50
5.5 DEFINIÇÃO DO PRODUTO: WHEY PROTEIN CONCENTRADO E ISOLADO ..	50
5.6 COMPOSIÇÃO E CARACTERÍSTICAS DO SORO DE LEITE E DO WPC E WPI	51
5.7 WHEY PROTEIN E SUAS APLICAÇÕES ESPECÍFICAS.....	54
<b>6 RECOLHIMENTO, TRANSPORTE, ARMAZENAMENTO E DISTRIBUIÇÃO</b>	<b>55</b>
<b>7 ANÁLISE DAS ROTAS TECNOLOGIAS PARA A PRODUÇÃO DE SORO DE</b>	
<b>LEITE.....</b>	<b>57</b>
7.1 ROTAS TECNOLÓGICAS DE CONCENTRAÇÃO DA PROTEÍNA DO SORO DE	
LEITE .....	57
7.1.1 Processos de separação por membranas .....	58
7.1.2 Ultrafiltração .....	59
7.1.3 Diafiltração .....	59
7.1.4 Nanofiltração .....	60
7.2 ROTAS TECNOLÓGICAS PARA SECAGEM E OBTENÇÃO DOS PRODUTOS	
EM PÓ .....	60
7.2.1 Evaporação .....	61
7.2.2 Spray dryer .....	61
<b>8 DEFINIÇÕES DO PROCESSO .....</b>	<b>63</b>
8.1 DEFINIÇÃO DE ESCALA DO PROCESSO .....	63
8.2 ESTRATÉGIA DE PRODUÇÃO E OPERAÇÃO .....	63
8.3 DESCRIÇÃO DAS ETAPAS DO PROCESSO .....	64
8.4 FLUXOGRAMA DO PROCESSO .....	65
8.5 BALANÇO DE MASSA .....	68
8.5.1 Concentração do soro de leite .....	69
8.5.2 Microfiltração.....	71
8.5.3 Ultrafiltração .....	73
8.5.4 Tanque pulmão .....	75
8.5.5 Produção de Whey Protein Concentrado .....	75
8.5.5.1 Tanque pulmão .....	75
8.5.5.2 Ultrafiltração para Whey Protein Concentrado .....	76

8.5.5.3 <i>Spray dryer para Whey Protein Concentrado</i> .....	78
<b>8.5.6 Produção de Whey Protein Isolado</b> .....	<b>81</b>
8.5.6.1 <i>Microfiltração para Whey Protein Isolado.</i> .....	81
8.5.6.2 <i>Ultrafiltração Whey Protein Isolado 1</i> .....	83
8.5.6.3 <i>Tanque pulmão 2</i> .....	85
8.5.6.4 <i>Ultrafiltração Whey Protein Isolado 2</i> .....	86
8.5.6.5 <i>Spray dryer - Produção de Whey Protein Isolado.</i> .....	88
8.6 <b>BALANÇOS DE ENERGIA</b> .....	90
<b>8.6.1 Balanço de energia para o evaporador</b> .....	<b>90</b>
<b>8.6.2 Balanço de energia para o spray dryer</b> .....	<b>96</b>
8.7 <b>DIMENSIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS</b> .....	97
<b>8.7.1 Tanques de armazenamento</b> .....	<b>97</b>
<b>8.7.2 Sistema de evaporação</b> .....	<b>97</b>
<b>8.7.3 Sistema de filtração</b> .....	<b>99</b>
<b>8.7.4 Tanques pulmão</b> .....	<b>102</b>
<b>8.7.5 Sistema de secagem.</b> .....	<b>102</b>
<b>8.7.6 Misturadores</b> .....	<b>104</b>
<b>8.7.7 Tanques de armazenagem final</b> .....	<b>104</b>
<b>8.7.8 Envasadoras</b> .....	<b>104</b>
8.8 <b>CUSTO DA MATÉRIA PRIMA</b> .....	105
8.9 <b>INSUMOS E ADITIVOS</b> .....	106
8.10 <b>PROJETO DE INSTALAÇÕES</b> .....	107
<b>8.10.1 Instalação de água fria</b> .....	<b>107</b>
8.10.1.1 <i>Demanda de água fria</i> .....	108
8.10.1.2 <i>Instalações de água quente</i> .....	108
<b>8.10.2 Instalação de Vapor</b> .....	<b>109</b>
<b>8.10.3 Dimensionamento das linhas de retorno de condensado</b> .....	<b>109</b>
<b>8.10.4 Instalação de Ar Comprimido</b> .....	<b>110</b>
<b>8.10.5 Instalação CIP</b> .....	<b>110</b>
<b>8.10.6 Tubulação do Processo</b> .....	<b>111</b>
8.11 <b>LAYOUT DO PROCESSO PRODUTIVO</b> .....	112
8.12 <b>CONTROLE DE QUALIDADE</b> .....	114
<b>8.12.1 Laboratório de Análise do Soro de Queijo, Concentrado e Isolado Proteico.</b> ..	<b>114</b>
<b>8.12.2 Laboratório de análise de efluentes</b> .....	<b>115</b>
8.13 <b>TRATAMENTO DE EFLUENTE</b> .....	115
<b>8.13.1 Caracterização do efluente</b> .....	<b>116</b>
<b>8.13.2 Tratamento dos efluentes industriais do WPC e WPI</b> .....	<b>117</b>
<b>8.13.3 Processos, níveis de tratamentos e balanço de massa</b> .....	<b>117</b>



<b>9 CONTROLE E INSTRUMENTAÇÃO DO PROCESSO .....</b>	<b>120</b>
9.1 SISTEMA DE CONTROLE DO SPRAY DRYER .....	120
9.2 MALHAS DE CONTROLE .....	122
<b>10 ANÁLISE ECONÔMICA .....</b>	<b>123</b>
10.1 CUSTO COM MATÉRIA PRIMA E INSUMOS .....	124
10.2 CUSTO COM EMBALAGEM.....	124
10.3 CUSTO DE AQUISIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS .....	124
10.4 CUSTO PARA IMPLANTAÇÃO DA UNIDADE INDUSTRIAL .....	125
<b>10.4.1 Área administrativa e de serviços .....</b>	<b>127</b>
10.5 CUSTOS ADMINISTRATIVOS .....	134
<b>10.5.1 Licenciamento .....</b>	<b>134</b>
<b>10.5.2 Custos de mão de obra .....</b>	<b>135</b>
<b>10.5.3 Uniformes.....</b>	<b>136</b>
<b>10.5.4 Alimentação .....</b>	<b>136</b>
10.6 PREÇO DE VENDA.....	137
10.7 RECEITA BRUTA .....	138
10.8 CUSTO DE PRODUÇÃO .....	138
<b>10.8.1 Margem bruta do produto.....</b>	<b>139</b>
10.9 CUSTO COM MANUTENÇÃO E DEPRECIAÇÃO DE EQUIPAMENTOS .....	140
10.10 CUSTO COM UTILIDADES .....	140
10.11 CUSTOS EXTRAS .....	142
10.12 FINANCIAMENTO.....	143
10.13 CUSTOS FIXOS E VARIÁVEIS.....	145
10.14 TAXA INTERNA DE RETORNO .....	146
10.15 PAYBACK.....	147
<b>11 CONCLUSÃO.....</b>	<b>150</b>
<b>12 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>151</b>
<b>APÊNDICE .....</b>	<b>157</b>
<b>APÊNDICE A - MEMORIAL DO PROJETO DE INSTALAÇÕES .....</b>	<b>157</b>
<b>A.1 INSTALAÇÕES DE ÁGUA FRIA.....</b>	<b>157</b>
<b>A.2 INSTALAÇÃO DE ÁGUA QUENTE .....</b>	<b>160</b>
<b>A.3 INSTALAÇÃO DE VAPOR .....</b>	<b>163</b>
<b>A.4 INSTALAÇÕES DE AR COMPRIMIDO .....</b>	<b>165</b>
<b>A.5 INSTALAÇÕES CIP.....</b>	<b>169</b>
<b>A.6 INSTALAÇÃO DO PROCESSO .....</b>	<b>172</b>
<b>APÊNDICE B - SISTEMA DE BOMBEAMENTO DO PROCESSO.....</b>	<b>178</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>181</b>
<b>ANEXO A - DIMENSÕES NORMALIZADAS PARA TUBULAÇÕES DE AÇO</b>	
<b>ANSI B.36.10 E B.36.19 .....</b>	<b>181</b>

<b>ANEXO A (CONTINUAÇÃO) - ANSI B36.10 E B.36.19 - DIMENSÕES NORMALIZADAS PARA TUBULAÇÕES DE AÇO.....</b>	<b>182</b>
<b>ANEXO B - DIAGRAMA DE MOODY .....</b>	<b>183</b>
<b>ANEXO C - LETRAS DE IDENTIFICAÇÃO DE MALHAS DE CONTROLE SEGUNDO A NORMA ANSI/ISA-S5.1-1984 .....</b>	<b>184</b>
<b>ANEXO D - TABELA DE VAPOR SATURADO.....</b>	<b>185</b>
<b>ANEXO E - NÚMERO MÍNIMO DE APARELHOS SANITÁRIOS.....</b>	<b>186</b>
<b>ANEXO F - VAZÃO DE PROJETO .....</b>	<b>186</b>
<b>ANEXO G - UTILIDADES .....</b>	<b>187</b>
<b>ANEXO G1 - BOMBA SANITÁRIA DE DESLOCAMENTO POSITIVO .....</b>	<b>187</b>
<b>ANEXO G2 - BOMBA CENTRÍFUGA .....</b>	<b>189</b>
<b>ANEXO G3 - TORRE DE RESFRIAMENTO.....</b>	<b>191</b>
<b>ANEXO G4 - CALDEIRA .....</b>	<b>192</b>
<b>DADOS TÉCNICOS.....</b>	<b>193</b>
<b>ANEXO G5 - COMPRESSOR.....</b>	<b>194</b>
<b>ANEXO H - EQUIPAMENTOS AUXILIARES .....</b>	<b>195</b>
<b>ANEXO H1 - LAVADORA.....</b>	<b>195</b>
<b>ANEXO H2 - SECADORA.....</b>	<b>197</b>
<b>ANEXO H3 - CALANDRA .....</b>	<b>198</b>
<b>ANEXO I - PORCENTAGEM DE SUBMERSÃO.....</b>	<b>199</b>
<b>ANEXO J - VALORES DE C EM FUNÇÃO DE S.....</b>	<b>199</b>
<b>ANEXO K - EMBALAGEM (PARÂMETROS) .....</b>	<b>200</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O leite é um alimento que está presente durante todas as fases da vida dos seres humanos. Quimicamente é definido como um conjunto de substâncias como: lactose, glicérides, proteínas, sais, vitaminas e enzimas (ORDÓÑEZ *et al.*, 2005). É reconhecido como uma mistura heterogênea, onde os compostos estão emulsificados, suspensos ou dissolvidos. O leite é utilizado como alimento “*in natura*” e serve de matéria prima para produção de diversos lácteos como: nata, iogurte, manteiga e queijo.

Na fabricação de queijo, o soro de leite é o líquido resultante da coagulação do leite, após separação da maior parte da caseína, proteínas e gordura (MADRID, 1995). Na produção de queijo, cerca de 85 a 95% do volume de leite utilizado resulta em soro (MELLO, 1989). O soro, por sua vez, é um líquido ligeiramente amarelado e turvo que é utilizado para produção de diversos tipos de suplementos e aditivos alimentares devido a sua alta concentração de proteínas, nutrientes, sais minerais e açúcares. Ao produzir 1 kg de queijo, podem ser obtidos 9 kg de soro de leite (ROBBINS *et al.*, 1996 *apud* QUEIROZ; MATA; EMERENCIANO, 2011). Além disso, é um resíduo da indústria de laticínios que por muito tempo teve a produção de ração animal e o descarte como principais destinos (AIRES, 2010). E segundo Boschi (2006), o potencial poluidor do soro de leite é cerca de cem vezes superior ao do esgoto doméstico, portanto o fracionamento do soro em proteínas surge como uma alternativa que permite a utilização dos constituintes com grande valor comercial.

O soro de leite líquido pasteurizado fresco é pouco usado nas indústrias de alimentos, devido ao elevado custo de transporte e a suscetibilidade para deterioração durante o armazenamento e pouca utilidade quando em estado líquido. Também a ingestão do soro não é recomendada, pois o teor de lactose é muito alto, o que para pessoas com intolerância à lactose pode gerar problemas de ordem digestiva. Existem outras alternativas possíveis para o uso do soro, como para fabricação de ricota e bebidas lácteas (WONG *et al.*, 1999).

Contudo, é o soro em pó que apresenta maior aplicação em alimentos como concentrado protéico, pois através da remoção de aproximadamente 95% da umidade é

possível maior tempo de armazenamento, sem perdas de propriedades nutricionais, redução do custo de transporte e aumento da qualidade do produto.

Diante do exposto, este trabalho propõe-se a desenvolver uma análise da viabilidade técnica e econômica para a implantação de uma empresa, denominada de MOLOTEK, que a partir do processamento do soro de leite em escala industrial produza o *Whey Protein*, um concentrado proteico a ser utilizado como suplemento alimentar, para os seres humanos que pretendem adotar hábitos alimentares e de vida mais saudáveis, uma vez que vários estudos nutricionais mostram que a utilização da proteína do soro do leite, traz efeitos benéficos para a melhora do metabolismo do corpo, auxiliando a manter o desempenho do mesmo.

Ao longo do trabalho buscamos abordar os principais tópicos a serem analisados, como estratégias, gerenciamento, gestão e política de qualidade, inserção da empresa no mercado e principalmente, elaboração e controle do processo produtivo.

## 1.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem por objetivo o dimensionamento e a implementação de uma planta de processamento de soro de leite doce em escala industrial como matéria prima para obtenção de concentrado protéico concentrado (CPS 80) e isolado (IPS 90), bem como avaliar a viabilidade econômica do processo. Assim almejamos:

### 1.1.1 Objetivos específicos

- Avaliar a rota tecnológica ideal para produção de *Whey Protein* concentrado e isolado.
- Definir o modo de operação e a logística que melhor se adequa levando em consideração a disponibilidade de matéria prima e o mercado consumidor.
- Analisar a viabilidade econômica da planta de processamento por meio do balanço energético e mássico, em conjunto com a avaliação do custo dos equipamentos e utilidades que devem ser adquiridos, de acordo com o volume de produção.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

O Brasil possui uma produção de queijo que o coloca na oitava posição mundial, como podemos observar na Tabela 1. O soro é extraído durante a produção de queijo e requeijão e pode equivaler a 90% do leite utilizado na produção do produto (GOULAS; GRANDSON, 2008 *apud* ANDRADE, 2011).

Tabela 1 - Produção mundial de queijo em 2014.

Maiores produtores de queijo - 1000 toneladas										
Países	EUA	França	Alemanha	Itália	Países baixos	Rússia	Polônia	Brasil	Egito	Turquia
Quantidade	5.194	1.984	1.892	1.176	771	760	743	736	639	631

Fonte: *USDA* (2014).

O processamento do queijo gera efluentes líquidos que não podem ser descartados diretamente em cursos de água. De acordo com a Resolução nº 20 de 13 de junho de 1986 (Brasil 1986) e a Resolução nº 430 de 13 de maio de 2011 (Brasil 2011) do Comitê Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) do Ministério do Meio Ambiente (MMA) é estipulado que todo e qualquer resíduo ou elemento que altere as propriedades naturais da água (neste caso, inclusive resíduos da atividade leiteira) deve ser removido antes do descarte, ou seja, deve ser descartado antes de ser lançado na natureza.

Marques *et al.* (2005) estimaram que para uma produção de 100 bilhões de soro de leite é descartado 40% sem nenhum tratamento nos rios, causando sério impacto ambiental. Para Teixeira (2011), muitas empresas não realizam os tratamentos legalmente exigidos, principalmente pela falta de conhecimento jurídico, que tem maior impacto sobre os pequenos laticínios, e o alto custo do tratamento de efluentes torna o descarte mais econômico e de baixo custo.

Dessa forma, com a grande quantidade de soro de leite sendo descartado, por ser um resíduo do processo de produção de queijo, a obtenção desse soro é simples e a sua

utilização como matéria prima para produção do *Whey Protein*, torna o processo mais econômico por fazer uso de resíduos para sua produção.

Segundo o núcleo de pesquisas em biologia da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), atletas, praticantes de exercícios físicos, praticantes de atividade física e até mesmo portadores de doenças estão sempre em busca dos benefícios dessa fonte protéica. Evidências recentes corroboram com a tese de que a proteína do leite, incluindo a proteína do soro, além de ter alto valor biológico, também possui peptídeos biologicamente ativos, que podem ser usados como agentes antimicrobianos, anti-hipertensivos, reguladores da função imunológica e fator de crescimento.

Além disso, com o aumento da busca da população por exercícios físicos, temos um aumento na procura por suplementos que auxiliam e melhoram a performance da mesma. O *Whey Protein* é um produto de alto valor agregado, tendo um baixo custo de produção e diversidade de aplicações, podendo gerar vários subprodutos, também com alto valor de mercado.

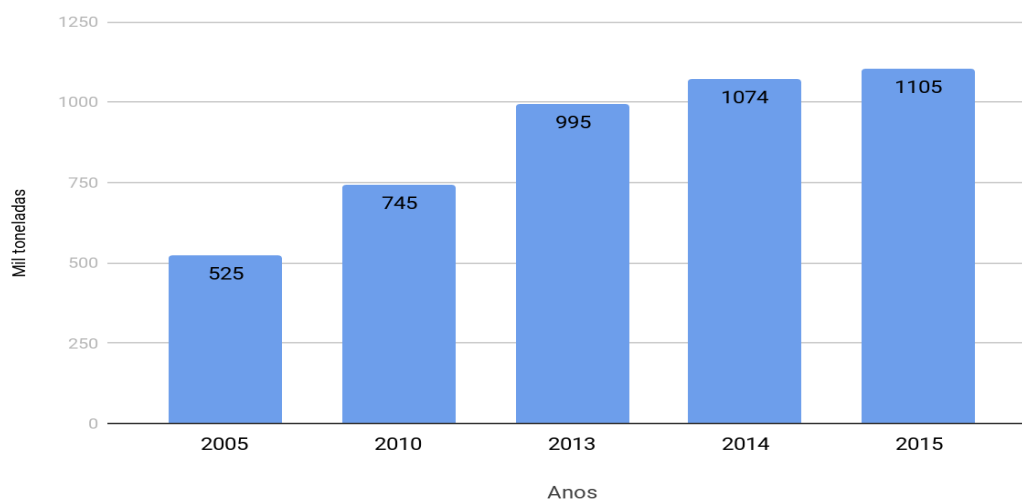
O panorama nacional e mundial que será abordado mais profundamente adiante, mostra-se como um cenário não só otimista como também, com boas previsões para o mercado de *Whey Protein* no Brasil e no mundo, apresentando um crescimento significativo nos últimos anos.

## 2 ANÁLISE DE MERCADO

Dados da ABIQ (Associação Brasileira de Indústrias de Queijos, 2014) apontam que o Brasil é o quarto maior produtor mundial de queijos, atingindo 867 mil toneladas/ano (GAJO *et al.* 2016). Porém, mesmo com tanta produção, ainda é desperdiçado muito soro de leite de forma inapropriada. De acordo Magalhães *et al.*(2001), cerca de 50% do soro de leite em território brasileiro é desperdiçado. Logo, fica evidente que o desperdício do soro de leite gera impactos nutricionais, financeiros e ambientais. Além do mais, é importante destacar que os dados do Brasil sobre a oferta do soro de leite são imprecisos, porque uma grande parte do queijo é produzida por pequenas empresas, que não possuem estrutura para processamento do soro e com isso, o mesmo acaba servindo para alimentação animal ou

descarte. No Gráfico 1 é possível observar a evolução ao longo dos últimos anos da produção de queijo no Brasil.

Gráfico 1- Evolução da produção de queijos no Brasil (em toneladas).



Fonte: Adaptado de MILKPOINT (2016).

Historicamente o Brasil é reconhecido como importador de soro de leite, embora produza um volume considerável (ALICEWEB, 2014). Em 2014, foi registrado que o Brasil exportou 83,47 toneladas de soro e importou 24.036,87 toneladas, apresentando um déficit de -23.953,40 toneladas (GAJO *et al.* 2016). De 2006 a 2016 o país importou mais que exportou com déficit de -266.948,12 toneladas de soro em pó, representando em valores US\$ -374.068.300,00 na balança comercial (ALICEWEB, 2015).

A possibilidade de transformar este subproduto em oportunidade para a indústria nacional de suplementos alimentares é uma realidade próxima, pois atualmente ainda existe muita exportação. Diante disso, e com a existência de empresas que já usam o soro de leite líquido para concentração e secagem na produção do soro de leite em pó, e o usam na forma líquida em bebidas lácteas diversas, esse pode ser um importante passo para o estabelecimento deste promissor mercado no Brasil. Segundo Zacarchenco *et al.* (2012), unidades de processamento têm surgido nos últimos anos aplicando a tecnologia de

membranas, através de ultrafiltração para produção do concentrado proteico, produto que possui valor agregado maior que o soro de leite em pó, com grande aplicação no mercado.

O principal exportador para o Brasil de soro de leite atualmente é a Argentina, país onde foi estimado um consumo médio de 10 kg por habitante (MILKPOINT, 2016). Isso causa preocupação para o setor de laticínios, pois já é conhecida a consequência na balança comercial de laticínios brasileira, devido a falta deste produto no mercado interno, pois o processamento do Brasil não é capaz de suprir a demanda interna do país.

Por outro lado, estudos mostram que o aproveitamento do soro de leite, além de ganhos financeiros, pode contribuir significativamente na preservação ambiental. Estudo relatado por Wissman *et al.* (2013), em uma queijaria de pequeno porte, com a venda do soro a empresa conseguiu redução do custo ambiental com o tratamento de efluentes, na faixa de 29% do total dos seus custos operacionais.

Assim, com base na produção de queijos no Brasil (1,105 milhão de toneladas em 2015), e considerando que em média 10 L de leite produzem aproximadamente 1 kg de queijo e 9 L de soro, estima-se uma produção de aproximadamente 9,9 bilhões de litros de soro de leite, o que demonstra o expressivo potencial de matéria prima disponível para o uso.

Outro fator relevante é que, segundo dados fornecidos pela ABENUTRI (Associação Brasileira de Empresas de Produtos Nutricionais) em 2015, o mercado brasileiro de nutrição esportiva teve crescimento, acumulando 28% ao ano, desde 2010. Comparado com os EUA que atualmente é o principal mercado, que obteve crescimento de 5%, o faturamento deste setor chega aproximadamente a US\$ 30 milhões/ano no Brasil.

Atualmente, existem 250 marcas que pertencem a 100 empresas e 11 mil pontos de venda e lojas especializadas para produtos nutricionais. Dos cerca de 3 milhões de consumidores no Brasil, 60% deles optam por produtos de origem nacional e 40% por produtos importados. Os produtos que mais vendem são a base de proteína, com 65% da fatia do mercado, em seguida vem os aminoácidos e energéticos com 15% para cada um, e os hipercalóricos com 5%.



## 2.1 PÚBLICO ALVO

O perfil consumidor do produto é predominantemente de jovens (80%) entre 15 a 30 anos, formado tanto por homens (80%) quanto mulheres (20%). Os canais de venda ocorrerão 20% por meio de compras pela internet e 50 % em lojas físicas especializadas e 30% em farmácias.

Um levantamento do IBGE em 2013, com amostragem de 146.748.000 brasileiros, com faixa etária dos 14 aos 75 anos, pesquisou práticas esportivas e atividades físicas para o ano de 2013, e dos 8.902 entrevistados, 54,1% praticam exercícios físicos e/ou esportes, e 49,1% podem ser considerados sedentários, sendo que a faixa etária do sedentarismo encontra-se entre as pessoas de 65 e 74 anos, o que determina a escolha do público alvo.

Outro levantamento, da Euromonitor International, aponta que a indústria de nutrição terá valor de 5,5 bilhões de dólares até 2018 na América Latina (NUTRIÇÃO ESPORTIVA, 2017). De acordo com a ABIAD (Associação Brasileira da Indústria de Alimentos para Dietéticos e Especiais) em 2016, 54% dos brasileiros ingeriram diariamente estes produtos. Para fins de comparação, nos EUA, um dos maiores consumidores do mundo o consumo beira a 68% (DINO, 2017).

Em relação às academias, a ABA (Associação Brasileira de Academia) contabilizou em 2014 que existem 33.157 academias no Brasil, com aproximadamente 8 milhões de alunos, o que faz um mercado significativo de US\$ 2.5 bilhões.

Quanto ao soro de leite, dados fornecidos pela Associação Brasileira das Indústrias de Queijo (ABIQ), mesmo com um crescimento ameno em 2015 de 2,9% com uma produção de 10 bilhões de litros; quando comparado com os anos anteriores que eram entre 8-9%, o mesmo atingiu a produção de 1,105 milhões de toneladas. Portanto, por mais que a produção não tenha aumentado, devido ao cenário econômico atual do país, o potencial devido aos crescimentos sucessivos no histórico recente durante o passado, conferem credibilidade ao potencial do crescimento deste setor (PORTAL LÁCTEO, 2016).

## 2.2 ECONOMIA DO *WHEY PROTEIN*

O *Whey Protein* é um produto com alto valor agregado, sendo comercializado em grande quantidade pelo mundo. Neste tópico iremos abordar aspectos gerais sobre os fatores

econômicos ligados ao mercado nacional de *Whey Protein* e também abordar como está o mercado mundial do produto.

## NO BRASIL

De acordo com a Saudifitness, distribuidora de suplementos alimentares, hoje o Brasil se tornou um dos maiores mercados de suplementos do mundo, ficando atrás apenas dos Estados Unidos e da Austrália. Segundo a associação de academias do país, o Brasil possui hoje 33 mil academias, perdendo apenas para os EUA em número.

De acordo com matéria do Valor Econômico, embora 50% a 55% dos americanos consomem suplementos, esse número varia entre 3% e 7%. O setor se expandiu entre 2010 e 2016 - a receita passou de 637 milhões de reais para 1,49 bilhão de reais. Porém, após este crescimento, o mercado desacelerou devido à maturidade alcançada e a alguns dos problemas enfrentados. A busca por uma vida mais saudável e requisitos físicos dentro dos padrões estéticos está impulsionando cada vez mais o mercado de suplementos do país. A expectativa para 2019 foi de um crescimento de 11% no setor (BRASNUTRI, 2019).

A Associação dos fabricantes de suplementos nutricionais e alimentos para fins especiais, a Brasnutri, é composta por 13 fabricantes de suplementos, e além destas há mais 22 companhias no país que produzem suplementos, totalizando 35 empresas do ramo no Brasil. Entretanto, cerca de 95% da produção nacional vem das empresas filiadas à associação.

O setor vem crescendo também, devido a aprovação do marco regulatório pela ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária), um documento que aumenta a lista dos ingredientes aprovados para a fabricação de suplementos. Todavia, mesmo com a aprovação desse marco, a ANVISA continua acompanhando e regulamentando de perto o setor, pois devido ao aumento do mesmo também surgem diversas empresas tentando burlar a lei.

Com esse aumento no setor, verifica-se alguns entraves como um excesso de competidores no varejo, fazendo com que pequenas marcas não conquistem seu espaço e tenham que fechar as portas. Os distribuidores também têm problemas com o fluxo de caixa,

pois os fabricantes devem ser pagos em até 60 dias, mas só recebem das lojas em até 90 dias. Mas ainda o problema central continua na falta de regulamentação mais firme no setor.

Em vista disso, uma empresa que produza o suplemento seguindo a legislação e realize a comercialização de seu produto através da internet, direto da fábrica terá muito mais chances de se viabilizar.

## NO MUNDO

De acordo com levantamento divulgado pela consultoria de mercado americana Zion Market, o mercado global de whey protein foi avaliado em US \$ 8,2 bilhões em 2015 e deve chegar a US \$ 12,4 bilhões até 2021, um aumento médio de 7,2% de 2016 em diante.

Esse aumento deve ocorrer, de acordo com a pesquisa, devido ao aumento da população mais velha no mundo, assim como a inclinação da geração mais jovem à prática de atividades físicas. Com a atual tendência de um maior cuidado com a saúde e uma maior demanda nas academias para a prática de atividades físicas, pode-se afirmar que esses são fatores que vão impulsionar o mercado de suplementos nos próximos anos.

Atualmente, cerca de 60% do mercado de *Whey Protein* está envolvido com dietas alimentares. A Europa possuía em 2018 cerca de 37% do mercado global de *Whey Protein*, seguidos pelos EUA com 32% e pela Ásia que somando todos os países, somam 21% do mercado mundial do produto. A Índia vem apresentando um crescimento muito grande deste mercado, a pesquisa mostra que o mercado indiano de *Whey Protein* está avaliado em cerca de US \$ 2,2 bilhões (7,2 bilhões de reais) e deve crescer 20% para chegar a US \$ 6,1 bilhões (20 bilhões de reais) entre 2019 e 2020.

Devido à sua grande população, muitos investidores veem a Índia como uma excelente oportunidade, com aproximadamente 1,2 bilhão de pessoas, das quais 300 milhões estão preocupadas com a saúde e estilos de vida saudáveis. Esses consumidores estão comprando mais suplementos e produtos naturais, e seu mercado atingiu bilhões de dólares.

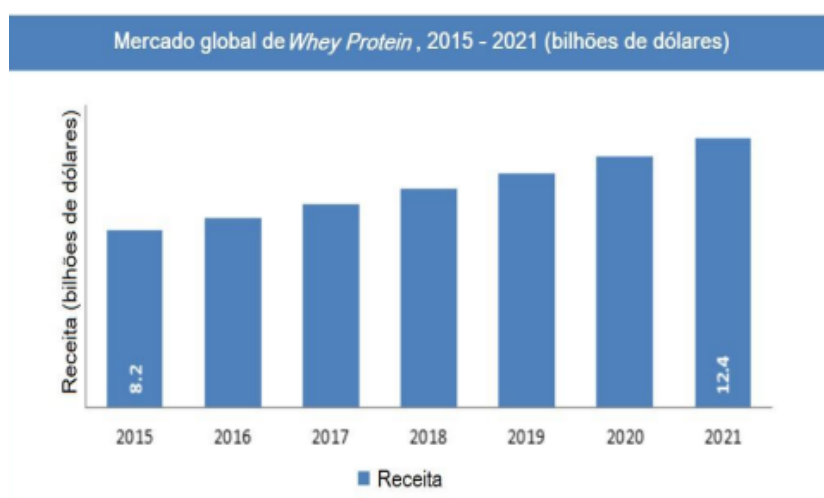
Por outro lado, de acordo com o Foreign Agricultural Service Bureau, em 2012, o *Whey Protein* foi o principal laticínio importado dos Estados Unidos para a China, com um volume de comércio de aproximadamente US \$ 118 milhões. Em 2012, só os chineses consumiram 43 mil toneladas de *Whey*, um aumento de 258%. Para o Euromonitor, o suplemento tem grande potencial de aplicação em diversos setores da indústria chinesa.

Segundo dados do Portal N10 por Romário Nicácio, em 2018, nos últimos anos, o mercado chinês vem se consolidando e se tornando o maior consumidor mundial do produto, atrás apenas dos Estados Unidos. Esse crescimento está relacionado às crescentes preocupações dos chineses com sua aparência, especialmente a expansão do estilo de vida esportivo e de saúde ocidental.

Na visão da Zion Market em 2016, o mercado da América Latina ainda é um mercado menor se comparado aos outros do mundo, porém possuem um enorme potencial de crescimento devido ao aumento da população com interesse em ter uma vida fitness.

O Gráfico 2 mostra a projeção de crescimento do mercado de *Whey Protein* no mundo, nos próximos anos.

Gráfico 2 - Previsão de crescimento no mercado mundial



Fonte: ZION MARKET RESEARCH (2016)

## 2.3 ANÁLISE DE CONCORRENTES E FORNECEDORES

Nesse tópico será realizada uma breve análise sobre as empresas que dominam o mercado de *Whey Protein* no Brasil e quais seriam as principais fontes de matéria prima para a MOLOTEK (nova empresa a ser criada).

### 2.3.1 Análise de concorrentes

Pode-se indicar diante do levantamento realizado, cinco das principais empresas que atualmente possuem seus produtos como os mais consumidos no Brasil e que potencialmente serão concorrentes da MOLOTEK

#### 2.3.1.1 Growth

Figura 1- Logo da empresa Growth.



Fonte: GROWTH (2021).

A Growth é uma empresa catarinense que foi criada com o intuito de fabricar e comercializar produtos suplementares, oferecendo qualidade e preços altamente competitivos no mercado. A sede da empresa fica em Bombinhas - SC e possui loja virtual que comercializa os produtos por todo o país.

### 2.3.1.2 Integralmedica

Figura 2- Logo da empresa Integralmedica.



Fonte: INTEGRALMÉDICA (2021).

A pioneira entre as empresas produtoras de *Whey Protein* no Brasil, desde 1983. Possui uma marca extremamente forte e consolidada no mercado, fornecendo produtos com foco desde atletas de alto desempenho até iniciantes na prática de exercício físico.

Graças a uma ampla rede de distribuição que inclui lojas especializadas, farmácias e e-commerce, os produtos Integralmédica atendem consumidores em todo o país. Com a internacionalização da marca, a Integralmédica também será exportada para países do Mercosul em 2017.

### 2.3.1.3 Midway suplementos

Figura 3 - Logo da empresa Midway.



Fonte: MIDWAY LABS (2021).

A Midway Labs USA foi fundada em 1991. Desde então, trabalha com produtos diferenciados e com preços competitivos. A Midway Labs USA possui uma ampla atuação internacional e uma história de mais de 27 anos de empresa, hoje se tornando uma das maiores marcas de nutrição do mundo. Os produtos são produzidos em fábricas registradas

GMP e FDA nos Estados Unidos, e são supervisionados por um grupo de renomados cientistas, médicos e nutricionistas profissionais.

#### 2.3.1.4 Max Titanium

Figura 4 - Logo da empresa Max Titanium.



Fonte: MAX TITANIUM (2021).

Possui uma boa parcela do mercado, com uma gama de atletas que competem pela marca em eventos de fisiculturismo. Desde o nascimento da Max Titanium em 2006, o maior patrimônio tem sido o desempenho do produto no dia a dia dos consumidores e o resultado de uma maior qualidade de vida. O Supley Laboratório investe fortemente em pesquisa, máquinas e talentos de última geração, atua de forma inovadora e desenvolve uma série de suplementos alimentares específicos para as mais variadas necessidades. Atualmente, a marca Max Titanium é considerada sinônimo de produtos que podem garantir que o melhor desempenho seja sempre obtido com a máxima qualidade. O laboratório se encontra na cidade de Matão, em São Paulo. Possui loja online.

#### 2.3.1.5 Probiótica

Figura 5- Logo da empresa Probiótica



Fonte: PROBIOTICA (2021).

A Probiótica é o resultado de 30 anos de contínua pesquisa e inovação em colaboração com nutricionistas, médicos, treinadores e atletas. A empresa é líder na área de suplementos dietéticos na América Latina. Possui um portfólio diversificado de produtos. Está localizada na cidade de São Paulo e possui loja virtual.

### 2.3.2 Análise de Fornecedores

A cidade de Uberlândia e região possui uma variedade imensa de fornecedores, uma vez que o estado de Minas Gerais é líder no ramo de laticínios. Nas proximidades de nossa unidade fabril, podemos observar a ocorrência de pequenas, médias e grandes empresas que poderiam realizar o fornecimento de matéria prima. Apontamos algumas empresas já consolidadas no mercado, contudo as Cooperativas e queijarias de médio e pequeno porte que atualmente não encontram alternativas de mercado para o soro de leite, estarão no foco de nossa empresa.

#### 2.3.2.1 Polenghi

Figura 6 - Logo Polenghi



Fonte: POLENGHI (2021).

A 70 anos, Polenghi permite que os brasileiros combinem paixão e criatividade com muito sabor. Do café da manhã até aquele momento especial, tem produtos de muita qualidade e grande diversidade. SAVENCIA Fromage & Dairy, o grupo francês a qual a Polenghi faz parte desde 1977, se concentra em especialidades de queijo e ingredientes lácteos de valor agregado, sendo o maior processador de queijo do Brasil. Além disso, processa aproximadamente 4,1 bilhões de litros de leite por ano, comercializados em 120 países.



### 2.3.2.2 Italac

Figura 7- Logo Italac



Fonte: ITALAC (2021).

Hoje, a Italac se tornou uma das mais importantes indústrias de laticínios do Brasil. Os produtos são distribuídos a mais de 20.000 pontos de venda, entre varejistas, atacadistas e distribuidores e desses, direto para os consumidores. Possui fábricas, estações de coleta e produção em Goiás, Minas Gerais, São Paulo, Rondônia, Pará, Rio Grande do Sul e Paraná.

### 2.3.2.3 Nestlé

Figura 8 - Logo da Nestlé



Fonte: NESTLÉ (2021).

A Nestlé é a maior indústria do setor alimentício. Atualmente, possui mais de 2.000 marcas, mundiais e regionais. Está em 191 países no mundo.

#### 2.3.2.4 Piracanjuba

Figura 9 - Logo Piracanjuba



Fonte: PIRACANJUBA (2021).

Para Piracanjuba, qualidade e inovação são o essencial para uma trajetória de desenvolvimento de sucesso. Por iniciativa da família goiana, a primeira unidade nasceu em Piracanjuba (GO) em 1955. Após 65 anos de mercado, a empresa obteve a posição de sexta maior marca selecionada no país em 2020.

A Piracanjuba, junto com as marcas Pirakids, LeitBom, Chocobom e Viva Bem, formam o grupo Laticínios Bela Vista, é uma das quatro maiores indústrias de laticínios do Brasil, com capacidade de processamento diário de mais de 6 milhões de litros de matéria-prima e gera 3.300 empregos. A empresa possui sete unidades fabris, localizadas em Bela Vista de Goiás (GO), Governador Valadares (MG), Maravilha (SC), Sulina (PR), Araraquara (SP), Três Rios (RJ) e Carazinho (RS). Além disso, possui duas parcerias principais: a Blue Diamond (Cooperativa Americana de Produtores de Amêndoas), que produz e comercializa a marca Almond Breeze, e a Nestlé, que produz e comercializa as marcas Ninho e Molico em leite UHT.

#### 2.3.2.5 Cooperativa Agropecuária Ltda de Uberlândia (CALU)

Figura 10 - Logo CALU



Fonte: CALU (2021).

A Cooperativa Agropecuária de Uberlândia (CALU) foi fundada em 24 de maio de 1962 e é composta por aproximadamente 40 produtores de leite da região. A cooperativa vende mais de 20 laticínios nas cidades do Triângulo e Alto Paranaíba Mineiro em outros estados do norte e nordeste do Brasil, incluindo leite pasteurizado e longa vida, bebidas lácteas, queijos e manteiga. A cooperativa tem sede em Uberlândia, com filiais em Alegre de Minas, Tupaciguara e Gurinhatã.

### 2.3.2.6 *Itambé*

Figura 11- Logo Itambé



Fonte: ITAMBÉ (2021).

Empresa há 70 anos no mercado, que produz mais de 3 milhões de leite por dia, possui um portfólio variado com mais de 160 produtos lácteos, mais de 5 mil fornecedores, 3,5 mil funcionários diretos e possui 5 fábricas pelo Brasil. Toda matéria prima vem do interior de Minas Gerais e Goiás.

### 2.3.2.7 *Tourinho*

Figura 12 - Logomarca empresa Tourinho.



Fonte: TOURINHO (2021).

Pequena empresa de laticínios que existe desde 1993. Tem o objetivo de oferecer o melhor sabor e qualidade na mesa do consumidor. A empresa produz leite e manteiga, entretanto, a manteiga é o carro chefe da empresa, produzindo uma variedade maior de tipos.

### **3 EMPRESA**

A MOLOTEK foi criada com o objetivo de fornecer produtos de qualidade a partir de matérias primas, de fornecedores e colaboradores de confiança. Nosso principal compromisso é com a satisfação de nossos clientes e de proporcionar a imagem de uma empresa séria que busca inovação constante no âmbito tecnológico e social, além é claro na preservação ambiental. Estamos cientes do nível de seriedade que a questão ambiental representa atualmente e o seu real impacto na sociedade.

O nome MOLOTEK deriva das palavras Moloko, do russo, leite, e tek referente a tecnologia. Nosso foco é no tratamento e processamento do soro de leite de pequenas à médias cooperativas de queijo que, devido ao alto custo associado ao tratamento deste subproduto, descartam-no sem o devido tratamento e, dado a alta carga de matéria orgânica presente neste resíduo, acarreta no grave comprometimento no equilíbrio do ecossistema.

#### **3.1 LOCALIZAÇÃO DA PLANTA INDUSTRIAL**

Com o objetivo de atender a demanda de soro de leite no Brasil optamos por instalar nossa empresa neste país. O local de instalação da fábrica foi baseado na facilidade de obtenção de matéria prima, prezando por sua maior disponibilidade e também diminuição dos custos de transporte da mesma. Por ser um produto perecível, necessita de resfriamento, e quanto maior a distância percorrida, maior o gasto para a empresa, sendo assim é necessário a instalação, o mais próximo possível dos produtores de queijo. Segundo Cortez (2013), a escala de produção de queijo é uma questão importante e decisiva, pois a coleta de soro precisa ser otimizada para que a indústria seja viável. Os diferentes tamanhos dos

fabricantes de queijo e sua distribuição local dificultam a implantação de grandes estruturas, ou seja, a logística de coleta deve ser considerada na implantação de uma empresa que processa soro para impossibilitar o processamento.

Tendo isso em vista, procuramos a produção de queijo no território nacional. A Tabela 2 mostra os dados de produção de queijo no Brasil ao longo de 5 anos.

Tabela 2 - Dados da produção de queijo no Brasil.

Ano	Paraná	Minas Gerais	Santa Catarina	Mato Grosso	São Paulo	Brasil
2012	1.149.738.546	359.310.550	106.969.568	134.365.137	98.718.378	2.219.129.820
2013	2.263.471.517	718.621.100	109.793.058	268.730.274	104.709.008	3.845.119.740
2014	2.016.636.659	365.568.621	109.379.626	118.138.740	110.308.770	3.163.375.947
2015	1.769.801.800	542.262.224	348.671.349	163.100.211	272.643.917	3.682.838.522
2016	1.746.767.441	529.475.231	391.600.372	208.061.682	127.566.041	3.386.622.615

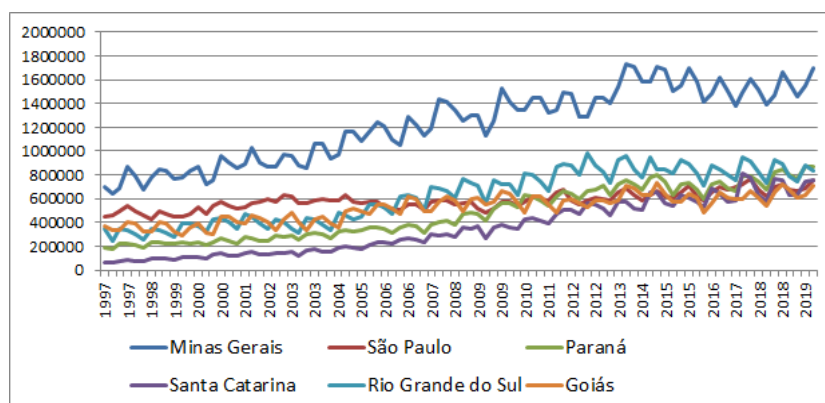
Fonte: Elaborado pelos dados do MAPA (2017).

Os dados acima mostram que os estados com maior potencial para instalação da unidade produtiva seriam o estado do Paraná e de Minas Gerais. O grande diferencial entre ambos os estados seria a competição pela matéria prima com outras empresas do mesmo ramo. No Paraná, a Sooro foi responsável por mais de 45% da produção de soro de leite em pó no Brasil (BIEGER; RINALDI, 2009). Devido a Sooro ser uma empresa já consolidada no mercado paranaense, a melhor escolha é o mercado mineiro, para obter a matéria prima com mais facilidade.

O consumo de laticínios no Brasil apresenta um crescimento mais acentuado que a população. (Vilela *et al.*, 2017 apud Perobelli *et al.*, 2018). O Gráfico 3 nos traz os dados da pesquisa trimestral do leite realizada pelo IBGE dos anos 1997 a 2019. Para realizar uma análise mais pontual de onde teríamos mais matéria prima disponível para a nossa indústria, foram selecionados apenas os seis maiores produtores de leite do país. Se analisarmos o final do ano de 2019, enquanto Minas Gerais contribuiu com 1700000 mil litros de leite, os outros estados entregaram apenas entre 700000 mil e 50000 mil litros. Essa análise nos mostra o protagonismo de Minas Gerais, como maior produtora de leite do país e justifica a escolha do estado pelo grande mercado a ser explorado e a grande quantidade de matéria

prima disponível. No Gráfico 3 é demonstrado a quantidade de leite cru, resfriado e industrializado.

Gráfico 3 - Quantidade de leite cru, resfriado ou não, industrializado (Mil litros).



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2020) a partir de dados disponíveis no IBGE.

Tendo em vista, de acordo com o Gráfico 3, que o estado de Minas Gerais como um todo é um grande produtor de laticínios, logo inúmeras regiões do estado teriam grande potencial para a instalação da MOLOTEK.

Perobelli *et al.* (2018) através do estudo da cadeia produtiva do leite em Minas Gerais, subdividiu o estado em grupos de cidades com semelhanças nesse sentido. O grupo 3 é formado por 34 municípios (entre o TOP 10 estão: Coromandel, Curvelo, Governador Valadares, Montes Claros, Paracatu, Patos de Minas, Teófilo Otoni, Uberaba, Uberlândia, Unai), que contribuem com 15,6% da produção de leite do estado, além de concentrar as indústrias de laticínios de grande porte do estado e 22% dos tanques de resfriamento. Dentre esses municípios, escolhemos o município de Uberlândia por sua localização centralizada, por integrar o triângulo mineiro, além de ser berço de empresas de grande porte consolidadas como a Nestlé, Polenghi e Italc.

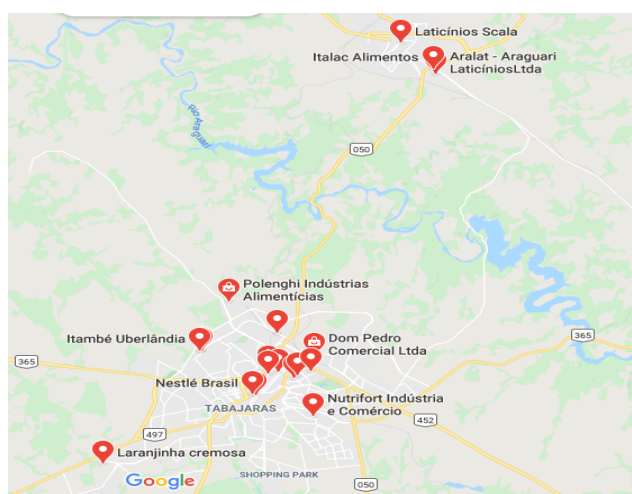
Figura 13 - Localização de Uberlândia em nível Estadual.



Fonte: Wikipedia (2020).

O triângulo mineiro possui hoje a maior concentração de produtores de leite e queijo do estado, sendo assim a maior fonte de matéria prima de fácil acesso. A cidade de Uberlândia é a principal e maior cidade dentro deste triângulo, além disso, conta com uma localização geográfica privilegiada, já que está ligada a grandes centros nacionais por meio de rodovias. Sua proximidade com Uberaba e com algumas outras cidades grandes como São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Goiânia e Brasília faz com que Uberlândia esteja no centro de diversas empresas produtoras de queijo, leite e laticínios, como podemos observar na Figura 14, tornando-a um dos melhores pontos estratégicos para obtenção de matéria prima.

Figura 14 - Laticínios nas proximidades do município de Uberlândia - MG.



Fonte: Google Maps (2020).

A região onde a fábrica será instalada foi pensada de forma estratégica também, mantendo-se próxima a BR 050 para facilitar o transporte da matéria prima e distribuição do

*Whey Protein* para outras cidades e estados através da malha rodoviária. A Figura 15 mostra a localização da fábrica.

Figura 15 - Localização da unidade produtiva.



Fonte: Google Maps (2020).

### 3.1.1 Custo de compra do Terreno

O terreno escolhido para a implantação da planta industrial conta com uma área de 6.429,03 m<sup>2</sup>. Segundo o IBGE, o custo por m<sup>2</sup> no Brasil em novembro de 2020 era de R\$ 1.252,10/m<sup>2</sup>. Para realizarmos uma comparação, pegamos os valores de custo/m<sup>2</sup> de diversas regiões de Uberlândia, e nos embasamos em um estudo realizado pelo SECOVI (Sindicato da habitação do triângulo mineiro e alto paranaíba), que apresentou um custo médio de R\$ 1152,55/m<sup>2</sup>. Dessa forma, o valor que iremos utilizar será a média dos dois valores citados acima, cerca de R\$ 1202,33/m<sup>2</sup>. O valor final para o custo de aquisição do terreno é de R\$ 7.729.815,64.

### 3.2 O MODELO DE NEGÓCIO

Segundo Osterwalder & Pigneur (2011), o modelo de negócio pode ser descrito utilizando nove componentes básicos, eles mostram a lógica de como a organização pretende criar valor. Esses nove componentes cobrem as quatro áreas principais da empresa: clientes, oferta, infraestrutura e viabilidade financeira. Utilizando a ferramenta Canvas,



montamos o modelo de negócio para a nossa empresa, focando em organizar os principais aspectos da mesma, o que resultou na Figura 16.

Figura 16 - Canvas do modelo de negócio

Principais parceiros	Atividade Chave	Proposta de Valor	Relação com o cliente	Segmento de mercado
Produtores de queijo; Queijarias; Empresas de laticínios; de suplementos; Academias; Farmácias	Captação do soro de leite; Processamento do soro; Venda do produto.	Um produto de qualidade, com um processo sustentável, fornecendo aos clientes um produto com preço justo	Direta por meio das redes sociais e dos representantes comerciais; Patrocínio esportivo	Atletas; Praticantes de atividades física
	<b>Recursos chave</b>		<b>Canais</b>	
	BNDES; Soro do leite; Profissionais capacitados; Tecnologia de processamento do leite		Venda online, redes sociais como Facebook e Instagram.	
<b>Estrutura de custos</b> Custos fixos: Logística de distribuição; utilidades; folha salarial; marketing; impostos; manutenção. Custos variáveis: Matéria prima e insumos para o produto.		<b>Fonte de receita</b> Venda dos produtos: <i>Whey Protein</i> concentrado <i>Whey Protein</i> isolado		

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2020).

### 3.3 PRINCIPAIS PARCEIROS

De acordo com Osterwalder & Pigneur (2011), empresas constroem alianças para otimizar modelos, reduzir riscos e obter recursos. Como a demanda pela matéria prima é alta, parcerias com queijarias, produtores de queijo e empresas de laticínios são imprescindíveis para que possamos obter o soro de leite de forma fácil e abundante. Manter essas relações fará com que a empresa possa auxiliar essas queijarias com o descarte desse rejeito (soro do leite) e no fornecimento da nossa matéria prima.

A veiculação do nosso produto depende também da parceria com empresas que vendem suplementos, como farmácias e lojas de suplementos. Essa parceria nos auxilia na divulgação e também na venda dos nossos produtos.

Por fim, realizar parcerias com academias locais, nutricionistas, entre outros profissionais que conheçam os efeitos benéficos do suplemento, aumenta o alcance da nossa marca, facilitando a veiculação dos produtos pelo meio virtual, além de levar a marca a um número maior de pessoas.

### 3.4 ATIVIDADE CHAVE

De acordo com Osterwalder & Pigneur (2011), as atividades-chave são as ações mais importantes, e as empresas devem realizar essas ações para operar com sucesso. Elas são necessárias para criar e fornecer uma proposta de valor, entrar no mercado e gerar receita.

As principais atividades desenvolvidas pela MOLOTEK, são a captação do soro, processamento desse soro e a venda do produto final. O soro é captado dos fabricantes de queijo, esse soro passa então por um tratamento, para que ele esteja em condições de ser utilizado nos processos industriais. O processo é realizado com o soro pré preparado e misturado com os diversos insumos necessários para obter-se o produto final. E então, o produto final é vendido pelos representantes comerciais da empresa e pelos parceiros e também pelo meio online através de redes sociais.

### 3.5 RECURSOS CHAVE

Segundo Osterwalder & Pigneur (2011), os recursos chave são os recursos mais importantes para a efetividade do modelo de negócios. Esses recursos podem ser físicos, intelectuais, humanos ou financeiros.

Os principais a serem utilizados são a mão de obra dos operários para o processamento do *Whey Protein*, os técnicos e engenheiros especializados e bem capacitados, a matéria prima fornecida pelas queijarias, os equipamentos de alta tecnologia empregada no processo e também, o dinheiro obtido pelo financiamento realizado para iniciar a empresa.

### 3.6 PROPOSTA DE VALOR

Segundo Osterwalder & Pigneur (2011), a proposta de valor descreve pacotes de produtos e serviços que criam valor para um determinado grupo de clientes. É por isso que os clientes escolhem uma empresa ou outra.

A proposta de valor da MOLOTEK está diretamente relacionada com a cultura empresarial que valorizamos, como indivíduos e engenheiros químicos. O nosso objetivo principal é produzir um produto de qualidade, utilizando um processo sustentável e oferecer

um produto com um preço competitivo e justo para os nossos clientes. Acreditamos que desse modo, conseguiremos fidelizar mais clientes e impactar positivamente a sociedade em que estamos inseridos.

### 3.7 RELAÇÃO COM O CLIENTE

O relacionamento com os clientes nos explica o tipo de relação que a empresa constrói com cada segmento de clientes que ela possui. As motivações para nortear o relacionamento com os clientes são: aquisição de clientes, retenção de clientes e expansão das vendas(Osterwalder e Pigneur, 2011).

Como o objetivo principal é expandir nossa cartela de clientes e fidelizar os mesmos, pretendemos atuar de forma direta na relação aos clientes, fornecendo um serviço diferenciado e personalizado. Focando na experiência do cliente, para que ele não só adquira um produto, mas que também se torne promotor da nossa marca. Com a ausência de uma loja física forneceremos o atendimento pelas redes sociais juntamente ao site da empresa.

A utilização das redes sociais é uma forma eficiente para engajar os possíveis compradores com a marca e também divulgar promoções entre outras atrações, que podem trazer mais compradores para o produto. A forma como o atendimento será feito nessas redes e também a impressão que a mesma causará nos cliente é um fator muito importante para o sucesso na escalabilidade da marca.

Pretendemos operar também com o sistema de patrocínio esportivo, onde forneceremos nossos produtos a atletas de diversas modalidades em troca da divulgação da marca, inserindo assim nossa marca no meio esportivo, com mais afinco e também divulgando-a para os fãs dos atletas em questão.

### 3.8 CANAIS

Osterwalder e Pigneur (2011), a parte referente a canais explica como a empresa realiza a comunicação com seus segmentos de clientes para entregar sua proposta de valor. Dentre as funções dos canais estão: mostrar os produtos e serviços da empresa ao cliente,

auxiliar e permitir a compra de produtos e serviços, fornecer suporte após a compra, entre outros.

Por sermos uma empresa nova no mercado, os principais canais para veiculação dos nossos produtos, serão as redes sociais, como Facebook e Instagram e assim como a disponibilização do produto nas lojas dos parceiros.

As redes sociais, fornecem um contato próximo com o cliente dando assim a chance de atendê-lo melhor, oferecendo um serviço personalizado e também fidelizando o maior número possível de compradores do nosso produto. As redes sociais também nos proporcionam uma maior visibilidade no cenário atual, onde tudo é digital, possibilitando assim uma escalabilidade muito maior para venda de nossos produtos.

A venda por meio dos parceiros fornece aos nossos clientes uma compra direta do produto, dando a oportunidade de visualizar o mesmo e já sair com ele da loja. Podendo dessa forma, levar a nossa marca a diversos locais que somente a internet não conseguirá.

### 3.9 SEGMENTO DE MERCADO

O segmento de mercado são as diferentes pessoas e organizações que uma empresa procura encontrar e prestar seu serviço ou vender seu produto (Osterwalder e Pigneur, 2011). Para melhor satisfazer as necessidades dos clientes, é necessário agrupá-los em segmentos distintos, com necessidades, comportamentos e atributos comuns. A organização, então, deve tomar uma decisão consciente sobre quais segmentos atender e quais ignorar.

O *Whey Protein* é um produto normalmente utilizado por pessoas ligadas ao meio esportivo, tanto pelos atletas profissionais, como por pessoas que praticam atividades físicas e buscam somente melhorar seu físico e/ou saúde. O segmento foco da MOLOTEK são as pessoas que buscam uma suplementação para melhorar sua performance nas atividades físicas, buscando atletas de diversos esportes, assim como homens e mulheres praticantes de atividades físicas.

### 3.10 ESTRUTURA DE CUSTOS

De acordo com Osterwalder e Pigneur (2011), a estrutura de custos engloba os custos envolvidos na operação do modelo de negócio. As atividades de criar e oferecer valor,

manter um bom relacionamento com o cliente e gerar receitas que causam custos. Esses custos podem ser calculados facilmente, depois de bem definidos, os recursos principais, as atividades chave e as parcerias.

Os custos da MOLOTEK foram divididos em custos fixos e custos variáveis. Os custos fixos são os que englobam a estrutura e produção e distribuição, como folha salarial, o custo com utilidades, logística da distribuição do produto, manutenção dos equipamentos, entre outros. Os custos variáveis são os focados no produto, como gasto em matéria prima e com os insumos necessários para produção do *Whey Protein*.

### 3.11 FONTE DE RECEITAS

Osterwalder e Pigneur (2011), a fonte de receita é o dinheiro que a empresa gera a partir de cada segmento de mercado que ela atende. A organização deve se perguntar, qual valor cada segmento de mercado está disposto a pagar. Saber essa informação permite à empresa gerar uma ou mais fontes de receita para cada segmento de mercado que ela atende.

A receita da nossa empresa, se estrutura no lucro obtido pelos dois produtos principais comercializados pela mesma, o *Whey Protein Concentrado* e o *Whey Protein Isolado*. Sendo assim, a receita da empresa virá das vendas online e do comércio com as lojas parceiras. Uma possível receita alternativa é a comercialização dos subprodutos obtidos no processo, pois alguns apresentam aplicações em outros setores e uma possível rentabilidade.

## 4 EXIGÊNCIAS LEGAIS

### 4.1 ETAPAS DO LICENCIAMENTO AMBIENTAL

De acordo com a Lei Estadual nº 7.772 / 80 de Minas Gerais (conforme alterada pela Lei nº 15.972 / 06), as licenças ambientais são um procedimento administrativo por meio do qual os órgãos públicos podem autorizar atividades que utilizem recursos conhecidos ou válidos ou instalação, expansão, transformação e operação de empresas com poluição potencial.

A obtenção de licenças ambientais requer três etapas:

- **Licença Preliminar (LP):** Aprovada na fase de planejamento preliminar do projeto ou atividade, por meio de vistorias prévias obrigatórias para aprovar a localização e desenho do projeto, e comprovar a viabilidade ambiental e determinar os requisitos básicos e condições a serem atendidos durante a implantação. O período máximo de validade é de quatro anos.
- **Licença de Instalação (LI):** De acordo com os planos, programas e especificações aprovadas contidas no projeto, incluindo medidas de controle ambiental e demais condicionantes, autorizadas a instalar empreendimentos ou atividades. O período máximo de validade é de seis anos
- **Licença de Operação (LO):** Após uma pré-inspeção obrigatória, autorizou atividades ou operações comerciais para verificar a efetiva execução do conteúdo contido na licença anterior, tais como medidas de controle ambiental e quaisquer condições determinadas para a operação. A concessão é válida por quatro ou seis anos, portanto, precisa ser verificada regularmente. Desde que sejam configuradas as condições especificadas nas normas legais, o LO pode ser cancelado

De acordo com a definição da Resolução CONAMA nº 237/1997, licença ambiental é um ato administrativo, de acordo com este ato, ao órgão ambiental competente determinar as condições, restrições e medidas de controle ambiental que os empresários, pessoas físicas ou jurídicas devem cumprir. a fim de localizar e instalar, expandir e operar empreendimentos ou atividades que utilizem recursos ambientais considerados eficazes ou que possam causar poluição ou qualquer ambiente ou recursos que possam causar degradação ambiental.

## 4.2 REGULAMENTAÇÕES

Os documentos necessários para o pedido do requerimento das licenças são: o memorial descritivo do processo industrial da empresa, formulário de requerimento preenchido, cópias do CPF e identidade do representante legal que assinar o requerimento, cópias dos CPFs e registros nos conselhos de classe dos profissionais responsáveis pelo projeto, construção e operação do empreendimento, cópias do CPF e identidade de pessoa encarregada do contato entre a empresa e o órgão ambiental, cópias da procuração, do CPF e

da identidade do procurador, quando houver. Cópia da Ata da eleição da última diretoria, quando se tratar de sociedade anônima, ou contrato social registrado, quando se tratar de sociedade por cotas de responsabilidade limitada, cópia do CNPJ - Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica, cópias do registro de propriedade do imóvel ou de certidão de aforamento ou cessão de uso, cópia da certidão da prefeitura indicando que o enquadramento do empreendimento está conforme com a Lei de zoneamento Municipal, cópia da licença ambiental anterior se houve, guia de recolhimento do custo de licença, efetuação do pagamento e custo da taxa referente deverá ser orientada pelo órgão, planta de localização do empreendimento. A empresa também pode anexar cópias de mapas, indicando sua localização, planta hidráulica, das tubulações que conduzem os despejos industriais, esgotos sanitários, águas de refrigeração, águas pluviais, etc. Nas tubulações, devem ser representadas com linhas em cores ou traços diferenciados (FREITAS *et al.*, 2004).

Em relação a entrega dos documentos, há algumas diretrizes que devem ser seguidas, conforme descreve-se abaixo.

Os relatórios e documentos devem ser impressos em frente e verso (preferencialmente), não sendo necessário o encadernamento, pois os mesmos serão inseridos no processo administrativo. E também, as plantas não podem ter um tamanho maior do que a folha A2, e devem obedecer a forma de dobradura, conforme a NBR 13142, sendo colocada em plásticos que contêm furos, podendo assim serem facilmente inseridos dentro do processo. E sempre quando for possível, apresentar imagens de satélite coloridas do empreendimento, que pode ser retirada através do Google Earth, tendo um afastamento que possa ter uma visualização do entorno da área, e uma imagem mais aproximada, com a devida delimitação da área do empreendimento. Conteúdos que não tenham relação com o meio ambiente, ou que tenham um conteúdo muito extenso, tem que ser enviado em meio digital, tanto por DVD ou CD. Todos os documentos a serem encaminhados, devem possuir a assinatura do técnico responsável, contendo o nome, o registro profissional, a qualificação, o telefone e o endereço.

### 4.3 NORMAS REGULAMENTADORAS

O principal órgão responsável pelo controle, normatização deste tipo de produto é a ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) do Ministério da Saúde onde é previsto e regulamentada pela Portaria Nº 32 de 13 de janeiro de 1998 (ANVISA, 1998). Esta portaria fixou que os suplementos vitamínicos ou de minerais, são alimentos que servem apenas como complementação para uma dieta diária para pessoas com alguma necessidade de reposição nutricional. A Resolução nº105, de 19 de maio de 1999 determina diante da necessidade de aperfeiçoar ações relacionadas ao Controle sanitário na área alimentar, estabelecendo normas técnicas para embalagens e equipamentos plásticos em contato com alimentos.

A Resolução nº 23, de 15 de março de 2000, dispõe sobre “O Manual de Procedimentos Básicos para Registro e Dispensa da Obrigatoriedade de Registro de Produtos Pertinentes na Área de Alimentos”. A regulamentação que normalizou a utilização de aditivos alimentares foi a Resolução nº5, de 15 de janeiro de 2007, onde “ o uso de aditivos deve ser limitado a alimentos específicos, em condições específicas e ao menor nível para alcançar o efeito desejado”, onde também foi estabelecido uma listagem de aditivos alimentares estabelecendo suas funções e os limites máximos.

Como citado anteriormente já existe regulamentação e definição sobre aspectos legais relacionados aos concentrados proteicos conhecidos atualmente. A Resolução RDC nº 18, de 27 de abril de 2010, define sobre alimentos para atletas e a finalidade da suplementação para suprir suas necessidades protéicas. De acordo com isso, o produto deve conter pelo menos 10 g de proteína nesta porção e obter dela 50% do valor energético total. De acordo com os regulamentos técnicos sobre a adição de nutrientes básicos, podem ser adicionadas vitaminas e minerais. É proibido adicionar fibras alimentares e não nutrientes.

As proteínas devem apresentar, segundo o *PDCAAS (Protein Digestibility Corrected Amino Score)* acima de 0,9, que é a pontuação de aminoácido corrigido pela digestibilidade da proteína para determinação de sua qualidade biológica. Sendo que o PDCAAS deve estar de acordo com a metodologia de avaliação recomendada pela *FAO/WHO* (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação/Organização Mundial da Saúde).



Os alimentos para atletas também estão dispensados da obrigatoriedade de registro conforme a resolução RDC nº 27/2010 da ANVISA. Portanto, o que regimenta é a resolução RDC nº 23/2000 definindo que as empresas devem comunicar à autoridade sanitária do estado, DF ou município, o início da fabricação do produto.

No que se refere a etapa de envase em embalagens, a norma RDC Nº105 de 19 de maio de 1999, contém as disposições gerais sobre embalagens e equipamentos plásticos em contato direto com alimentos, sendo utilizado portanto, potes de polietileno de alta densidade.

A Resolução nº 12 de 2 de janeiro de 2001, que define padrões microbiológicos de alimentos, essenciais para a avaliação de boas práticas de fabricação e prestação de serviços de alimentos, aplicáveis a sistemas de análise de perigos e pontos críticos de controle (HACCP / HACCP ) e da qualidade microbiológica dos alimentos para reduzir as doenças transmitidas por alimentos (DTA).

## **5 DEFINIÇÃO DA MATÉRIA PRIMA: SORO DE LEITE**

O soro de leite é um subproduto lácteo das indústrias de laticínios, que é extraído da coagulação do leite no processo de fabricação de queijos (BRASIL, 2013). Segundo Moreira *et al.* (2010), são necessários 10 litros de leite para cada quilo de queijo, sendo que 9 litros tornam-se soro de leite.

Estudos apontam que aproximadamente 4% do soro de leite produzido no Brasil é inadequadamente descartado, principalmente por pequenas e médias empresas (MARQUARDT *et al.*, 2012) portanto, como a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) é dez a 100 vezes maior do que o esgoto doméstico, é prejudicial à natureza e causa elevados impactos ambientais, causando danos às plantas e animais (MOREIRA *et al.*, 2010; PAULA *et al.*, 2011)

### **5.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO SORO DE LEITE**

Existem dois tipos de soro de leite, o doce e o ácido que dependem do tipo de queijo produzido.

O soro doce é obtido a partir da coagulação enzimática, através de inoculação do leite com culturas de bactérias lácticas, e está situado numa faixa de pH entre 6 - 7 proveniente de queijos cheddar, suíço e prato. Já o soro ácido é obtido a partir da coagulação com adição de ácido láctico e se encontra numa faixa de pH < 5, sendo obtido a partir de queijo cottage, ricota, minas ou de caseína (ANTUNES, 2003). Na Tabela 3 é mostrada a composição do soro de leite doce e ácido.

Tabela 3 - Composição química do soro de leite.

<b>Componentes</b>	<b>Soro Doce (%)</b>	<b>Soro ácido (%)</b>
Sólidos totais	6,4	6,2
Proteína	0,8	0,75
Gordura	0,5	0,04
Lactose	4,6	4,2
Cinzas	0,5	0,8
Ácido Láctico	0,05	0,4

Fonte: Boschi (2006).

## 5.2 LACTOSE

A lactose é um carboidrato formado por galactose e glicose que são dissacarídeos compondo aproximadamente 40% e 54% de sólidos totais no leite cru e desengordurados respectivamente. Também é o que apresenta maior quantidade no composto sólido, em base seca representa 70% (MATTILA-SANDHOLM e SAARELA, 2003).

## 5.3 VITAMINAS E SAIS MINERAIS

É encontrado no soro a maior quantidade de vitaminas presentes no leite, como a vitamina B12, B6, ácido pantotênico, riboflavina, tiamina, vitamina C e vitamina A. Já os sais minerais encontrados no leite são fosfatos, sulfatos, carbonato, citratos, bicarbonato de

sódio, potássio, cálcio e magnésio (MILLER *et al.*,200). A Tabela 4 e 5 mostra os valores de vitaminas e sais minerais em 100 g de soro de leite em pó.

Tabela 4 - Quantidade média de vitaminas em 100g de soro de leite em pó.

<b>Vitaminas</b>	<b>Quantidade</b>
A (mcg)	44
C (mg)	1,5
E (mg)	0,03
B1 (mg)	0,5
B2 (mg)	2,2
B6 (mg)	0,6
B12 (mcg)	0,4
Ácido pantotênico (mg)	5,6
Niacina (mg)	1,3

Fonte: Adaptado de MILLER *et al.*(2000).

Tabela 5 - Quantidade média de sais minerais em 100 g de soro de leite em pó

<b>Minerais</b>	<b>Quantidade</b>
Cálcio (mg)	796
Fósforo (mg)	931
Sódio (mg)	1079
Potássio (mg)	2080
Magnésio (mg)	176
Zinco (mg)	1,97

Fonte: Adaptado de MILLER *et al.*(2000).

## 5.4 PROTEÍNAS

As proteínas do soro representam aproximadamente 20% das proteínas do leite e 80% são caseínas. Sendo que a beta-lactoglobulina e a alfa-lactoalbumina representam praticamente 80% das proteínas do soro (ANTUNES, 2003). A Tabela 6 apresenta as propriedades das proteínas.

Tabela 6 - Características físico-químicas das proteínas do soro de leite.

Proteína	Massa molar (kDa)	Ponto isoelétrico	Composição %	Concentração (g.L-1)
Beta-lactoglobulina	18,3	5,2	0,29	2,7
Alfa-lactoalbumina	14,1	4,2 - 4,8	0,13	1,2
Albumina (BSA)	69	4,7 - 4,9	0,06	0,4
Imunoglobulina	15 - 1000	5,5 - 8,3	0,06	0,65
Peptonas	4,1 - 40,8	3,3 - 3,7	-	1,4
Lactotransferrina	78	9	0,02	0,1
Lactoperoxidase	89	9,5	0,04	0,02
Glicomacropéptido	7	-	-	-

Fonte: Rodrigues (2001) adaptada Antunes (2003).

As várias proteínas presentes no soro possuem mecanismos distintos antes e depois dos processos físico/químico e enzimático (ANTUNES, 2003). Sendo estas proteínas frequentemente utilizadas, pois possuem força iônica fraca, o que facilita a solubilidade, em vários valores de pH (SILVA e VAN DENTER, 2005).

## 5.5 DEFINIÇÃO DO PRODUTO: WHEY PROTEIN CONCENTRADO E ISOLADO

A ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) define *Whey Protein* como suplemento proteico para atletas e é composto por proteínas removidas do soro de leite. Essas proteínas têm alto valor biológico, baixo peso molecular e grande capacidade de absorção. Os aminoácidos essenciais de cadeia ramificada, presentes no concentrado

protéico, permitem a liberação de componentes bioativos que causam aceleração do metabolismo e recuperação muscular (INMETRO, 2014).

Quando o produto do soro tiver 25% ou mais de proteína em base seca é chamado de concentrado proteico do soro (CPS), sendo que os CPS's mais comuns possuem teor proteico de 35, 50, 65 e 80% em base seca. Assim, quando atingem grau de purificação proteica maior que 90% em base seca, é denominado de Isolado Proteico (IPS) (YADA, 2004; MATHEWS, 1984 *apud* BALDASSO, 2017). No Brasil, são comercializados e conhecidos popularmente como, *Whey Protein Concentrado (WPC)* e o *Whey Protein Isolado (WPI)*. O *WPC* é obtido retirando os componentes não proteico do soro de leite, a fim de obter um produto final que contenha de 35% a 80% de teor proteico. Já o *WPI* são proteínas de soro mais purificadas e chega a uma concentração de 80 a 95% de proteína. Quanto menor o nível de proteína concentrada, maiores os índices de gordura e lactose. Além disso, os concentrados e isolados proteicos têm alta solubilidade em uma ampla faixa de pH e propriedades de gelificação, sendo muito utilizados na indústria alimentícia (ALVES *et al.*, 2014).

Por ser um produto de grande aceitação, de inúmeros benefícios e de alto valor comercial o *WPC* e o *WPI* serão apresentados e definidos como produtos do processo do presente trabalho. O *WPI* é um produto altamente qualificado, que é obtido através de troca iônica e filtração e devido a sua produção limitada pelo alto custo (JOVANOVIC *et al.*, 2005). Enquanto que a produção de *WPC* é um processo mais viável, devido a facilidade de concentração do soro, mantendo ainda assim as principais propriedades, com menor custo e permitindo o fácil acesso ao consumidor.

## 5.6 COMPOSIÇÃO E CARACTERÍSTICAS DO SORO DE LEITE E DO *WPC* E *WPI*

As proteínas do soro apresentam propriedades físicas e tecno-funcionais no seu estado nativo e também, após processamento com transformação física, química ou enzimática em função da conformação molecular que possuem e/ou adquirem. Qualquer alteração destas moléculas que se encontram ordenadas, pode ocasionar a desnaturação da proteína, que é a perda de cadeia linear na conformação globular, provocando novas ligações

entre moléculas, formando proteínas mais reativas quimicamente (WALSTRAS *et al.*, 2006).

A forma mais adequada para o uso do soro de leite em alimentos é em pó, com uma remoção de 95% da umidade. Porém, todos os constituintes permanecem nas mesmas proporções do soro inicialmente. Desta maneira, aumentam o tempo de vida de armazenamento, a qualidade e o custo de transporte é reduzido, além de facilitar a modificação e/ou mistura para outros produtos específicos (MILLER *et al.*, 2000; HUFFMAN, 1996). A Tabela 7 mostra a composição para os soros em pó e concentrados.

Tabela 7 - Composição dos principais produtos derivados do soro de leite.

Produto	Proteína (%)	Lactose (%)	Gordura (%)	Sais (%)	Umidade (%)
Soro em pó	10 - 15	63 - 75	1,0 - 1,5	8,2 - 8,8	3,5 - 8,0
Soro em pó deslactosado	18 - 24	52 - 58	1,0 - 4,0	11 - 22	3,0 - 4,0
Soro em pó desminera - lizado	11 - 15	70 - 80	0,5 - 1,8	1,0 - 7,0	3,0 - 4,0
<i>WPC 35</i>	34 - 36	46 - 52	3,0 - 4,5	6,5 - 8,0	3,0 - 4,5
<i>WPC 50</i>	50 - 52	33 - 37	5,0 - 6,0	7,5 - 8,5	3,5 - 4,5
<i>WPC 65</i>	63 - 65	20 - 23	5,0 - 6,0	3,0 - 7,0	3,5 - 4,5
<i>WPC 80</i>	80 - 89	4 - 8	4,0 - 8,0	3,0 - 4,0	3,5 - 4,5
<i>WPI</i>	> 90	0,5 - 1,0	0,5 - 1,0	2,0 - 3,0	3,5 - 4,5
Lactose	-	> 98	-	0,3	1

\*(%) percentual mássico em base seca.

Fonte: Adaptado de YADA(2004); BYLUND (1995); USDEC (2002); BALDASSO (2011).

As proteínas presentes em grande quantidade no *WPC 80* são a beta-lactoglobulina e alfa-lactalbumina, compondo em torno de 70% das proteínas, indicado na Tabela 8.

Tabela 8 - Composição proteica do *WPC 80*.

Componente	% mássica
alfa-lactalbumina	12 a 16
beta-lactoglobulina	50 a 60
Glicomacropéptido	15 a 21
Albumina Sérica	3 a 5
Imunoglobulina	5 a 8
Lactoferrina	<1

Fonte: U.S. Dairy Export Council (2012).

Os *Whey Protein Concentrados (WPC)* possuem grande aplicação na indústria alimentar, devido a funcionalidade que podem conferir aos alimentos. A utilização de proteínas do soro, como ingredientes em alimentos funcionais lácteos e não lácteos, vem aumentando progressivamente, conforme tem aumentado a capacidade tecnológica da indústria para produção de *WPC* e *WPI* (RICHARDS, 2002).

Na Tabela 9 podemos ver algumas aplicações para os concentrados proteicos.

Tabela 9 - Propriedades tecno-funcionais conferidas a alimentos por concentrados proteicos de soro.

Propriedade Funcional	Setor Alimentar	Percentual de proteínas	Aplicações
Viscosidade	Sobremesas	35	Chocolates, Marshmallow, Nougat, Barras de cereais, Glacê
Solubilidade, estabilidade coloidal	Bebidas	35	Bebidas fortificadas com proteínas, Bebidas isotônicas, Pina Colada, Bebidas gaseificadas, Chás Gaseificados, Bebidas para crianças, Sucos, Iogurtes, Bebidas, Substituintes de refeições

Emulsificação	Sopas, alimentos infantis	85	Sopas com baixo teor ou zero gordura, Molhos para saladas, Queijos fundidos.
Formação de espuma	Confeitaria	35	Glacê, Creme de leite UHT, Chantilly, Chocolates aerados
Gelificação	Produtos lácteos	65	Iogurte, Frozen Yogurt, Sorvete
Elasticidade	Panificação	65	Brownie, Bolo, Cookies, Pães, Muffins, Massa para pizza, Biscoitos, Waffles
Absorção de água e gordura	Produtos de carne	85	Salsicha, Bife de hamburguer, presunto, Nuggets e embutidos.

Fonte: Adaptado de USDEC (2014), ALVES *et al.*, (2014).

Para o nosso projeto, optamos por utilizar o soro de leite doce.

## 5.7 WHEY PROTEIN E SUAS APLICAÇÕES ESPECÍFICAS

Hirschbruch e Carvalho (2008 *apud* TERADA *et al.*, 2009) explicam que o consumo de um nutriente com objetivo de um determinado efeito é chamado de suplementação nutricional. E, também, trata-se de um hábito justificável quando o ser humano não consegue, mediante somente a alimentação, suprir suas necessidades nutricionais. Esse déficit de proteínas pode ocorrer em praticantes de atividade física, para manutenção da saúde e/ou aumentar ou perder peso; em portadores de doenças, onde suas necessidades nutricionais tendem a ser alteradas em função da enfermidade; atletas, a fim de cobrir carências proteicas pelo grande período de atividades e, ainda, para prevenção de doenças.

Segundo Lemon PWR (1998 *apud* HARAGUCHI *et al.*, 2006) cada tipo de treino dá ao praticante uma demanda de proteínas diferente: para treinos de resistências necessitam de 1,2 a 1,4g de proteína/kg de peso por dia, para treinamento de força são necessários 1,6 a 1,7g/kg de peso por dia, diferente de pessoas sedentárias que necessitam de apenas 0,8 a 1,0g/kg de peso por dia. A ingestão de proteínas ou aminoácidos após o exercício pode melhorar a recuperação e a síntese de proteínas musculares. Além disso, quanto menor o intervalo de tempo entre o final do exercício e a ingestão de proteínas, melhor será a resposta anabólica ao exercício.



O *Whey Protein* vem para auxiliar nessas etapas, sendo um suplemento em pó, possui um fácil transporte e permite a ingestão em qualquer local, contendo a quantidade de proteínas, aminoácidos, entre outras substâncias necessárias para o nosso corpo. Há distintas formas de como as proteínas do soro beneficiam a hipertrofia muscular e a obtenção de força, propiciando o desempenho físico. De acordo com Wolf (*apud* HARAGUCHI *et al.*, 2006) o tipo e a quantidade de proteína ou aminoácido, que são disponibilizados ao organismo após o exercício, atua na síntese proteica. Van Loon *et al.* (*apud* HARAGUCHI *et al.*, 2006) evidenciaram que o consumo de uma solução composta por proteínas do soro e carboidratos elevou as concentrações plasmáticas de sete aminoácidos essenciais, incluindo os BCAA (leucina, isoleucina e valina). Anthony *et al.* (2011, *apud* HARAGUCHI *et al.*, 2006) indicam que a leucina é fundamental no processo de inicialização da síntese proteica. Aliás, Ha e Zemel (2003, *apud* TERADA *et al.*, 2012) declaram que as proteínas do soro são muito parecidas ao músculo esquelético no quesito de fornecimento do perfil de aminoácidos. Portanto, os autores classificam a proteína de soro de leite como um suplemento anabólico de alta qualidade.

O *Whey Protein* diminui o cansaço muscular, que causa estresse oxidativo ao corpo. As proteínas de soro de leite elevam a resposta imune por meio da produção de glutatona celular. A glutatona é um peptídeo formado por glutamato, glicina e cisteína, sua função é de antioxidante celular, protegendo o organismo contra os efeitos negativos dos radicais livres (PACHECO *et al.*, 2005; LANDS, GREY e SMOUNTAS, 1999 *apud* TERADA *et al.*, 2012).

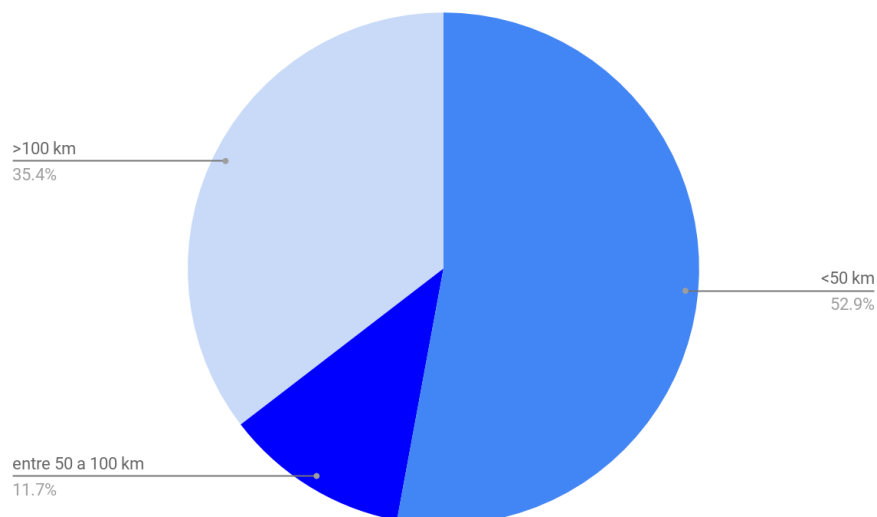
Além disso, o *Whey Protein* tem mostrado benefícios ao sistema imune. No estudo de Pacheco *et al* (2006, *apud* TERADA *et al.*, 2012), o *Whey Protein* tem-se mostrado eficaz em relação a resposta imunomodulatória, ao aumento do combate a infecções e inflamações, ação antibacteriana e antiviral, proporcionando a melhoria da função e absorção intestinal, além de ser protetor das células a partir da promoção de glutatona.

## **6 RECOLHIMENTO, TRANSPORTE, ARMAZENAMENTO E DISTRIBUIÇÃO**

Segundo Oliveira (2017), o transporte é realizado em 15,8% por empresas que compram o soro, 13,2% por produtores de queijo que possuem o próprio transporte e 3,9% o

transporte ocorre por meio de empresas contratadas. Sendo que a capacidade de transporte em litros do soro de leite varia entre 1.000 a 26.000. Abaixo está a porcentagem do local de produção dos laticínios até o destino final do soro de leite.

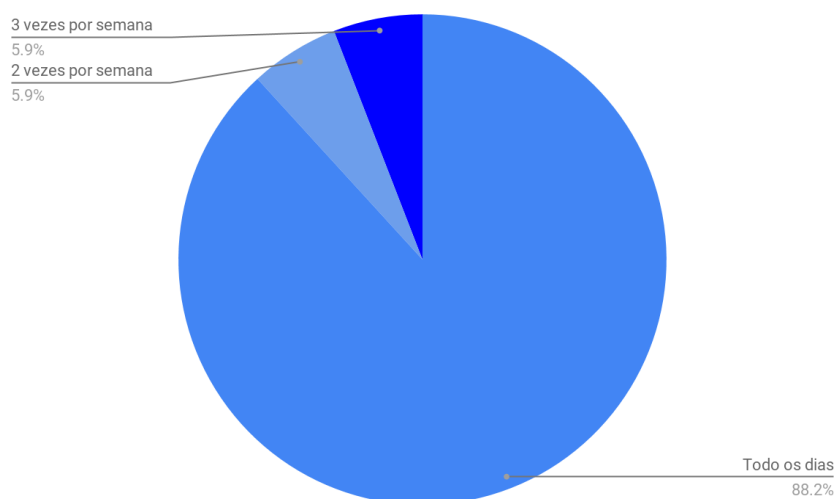
Gráfico 4 - Porcentagem da distância de laticínios até o destino final do soro de leite.



Fonte: Oliveira (2017).

Os laticínios que necessitam percorrer maiores distâncias terão maior custo logístico. Por conta disso, medidas facilitadoras podem ser tomadas, a fim de reduzir o custo e garantir qualidade do produto, as quais destacamos: proximidade da unidade industrial, armazenamento em tanques de resfriamento, transporte em tanques isotérmicos, roteirização e localização das unidades de processamento, entre outros. O Gráfico 5 mostra a frequência do transporte do soro.

Gráfico 5 - Frequência de transporte do soro de leite.



Fonte: Oliveira (2017).

O transporte diário do soro seria adequado, caso o volume seja capaz de otimizar o uso do transporte, pois descartaria a necessidade de armazenamento nos laticínios (pontos de coleta). Porém, caso ocorresse a instalação de estruturas para armazenamento do soro adequadas, onde a coleta intermitente fosse viável, os custos das coletas seriam minimizados. (CORTEZ., 2013 *apud* OLIVEIRA, 2017).

## 7 ANÁLISE DAS ROTAS TECNOLOGIAS PARA A PRODUÇÃO DE SORO DE LEITE

A análise da rota tecnológica está associada às características da matéria-prima (soro de leite) e do produto final que será obtido (*Whey Protein* Concentrado e *Whey Protein* Isolado), levando em consideração as etapas necessárias para transformação da matéria prima até o produto final, bem como as demandas do mercado, medidas sanitárias e legais.

### 7.1 ROTAS TECNOLÓGICAS DE CONCENTRAÇÃO DA PROTEÍNA DO SORO DE LEITE

O soro não é uma fonte equilibrada de nutrientes, contém alto teor de lactose e baixa concentração de proteínas e cinzas, não permitindo evidenciar nenhuma das propriedades

das proteínas. Portanto, tecnologias vêm sendo desenvolvidas a fim de realizar a concentração de proteínas relativamente aos outros componentes de natureza não protéica (BALDASSO, 2008).

As tecnologias mais utilizadas para concentrar as proteínas do soro do leite são: coluna cromatográfica, precipitação pelo calor, precipitação por agentes complexantes e processos de separação de membranas (MATTHEWS, 1984).

A desnaturação térmica é um processo para recuperação de proteínas do soro, em que ocorre uma coagulação em pH 6 e temperatura de 90°C, por aproximadamente 10-20 minutos. Após a coagulação é feita uma centrifugação, porém as proteínas apresentam solubilidade baixa e funcionalidade limitada (SCOPES, 1988).

Na filtração, através de colunas cromatográficas (permeação gel) é possível separar a caseína e as proteínas do soro, porém o processo é inviável economicamente (YADA, 2004). Os processos de separação por membranas são os mais utilizados para concentrar soro de leite, com destaque para a ultrafiltração. Por isso serão tratados de forma mais completa no item a seguir.

### **7.1.1 Processos de separação por membranas**

O intuito dos processos de separação por membrana envolve a separação, a concentração e/ou purificação de componentes em solução. A membrana funciona como uma barreira que separa as duas etapas (alimentação e permeação), restringindo total ou parcialmente o transporte de uma ou mais substâncias químicas presentes nessas etapas (MULDER, 1996). As membranas podem ser classificadas como: densas, onde o transporte dos componentes ocorre por difusão e porosas, quando o transporte ocorre devido a diferença de tamanho entre as moléculas e os poros (BALDASSO, 2008).

Os processos de separação de membranas (PSM) têm sido muito utilizados nos dias de hoje, inclusive como processo alternativo aos processos de separação tradicionais, como a destilação, centrifugação ou evaporação. Essa substituição é dada pelas vantagens dos processos que utilizam membranas, que são: economia de energia, pois geralmente não ocorre mudança de fase; a seletividade; a separação de compostos termolábeis (operam a temperatura ambiente); e a facilidade de operação e escalonamento (BALDASSO, 2008). A

Tabela 10 apresenta a faixa de tamanhos de poros das membranas para os processos de separação de membranas que envolvem a difusão do solvente e as faixas de pressão aplicáveis para cada processo.

Tabela 10 - PSM relacionados pelo tamanho de poros das membranas e respectivas pressões de operação.

PSM	Tamanho de poros (nm)	Limites de pressão (Pa)
MF	50 - 10000	$(0,1 - 3,5) \times 10^5$
UF	1 - 100	$(1,0 - 5,0) \times 10^5$
NF	1 - 10	$(5,0 - 20) \times 10^5$
OI	< 2	$(10 - 100) \times 10^5$

MF, microfiltração; UF, ultrafiltração; NF, nanofiltração; OI, osmose inversa

Fonte: MULDER (1996).

### 7.1.2 Ultrafiltração

A ultrafiltração é um processo de separação por meio de diferenças no tamanho do material e usa gradientes de pressão como força motriz. Usualmente, é utilizada para retenção de macromoléculas e colóides em solução, e é um processo intermediário entre a microfiltração e nanofiltração, pois seu diâmetro de poro varia entre 0,05 e 0,001  $\mu\text{m}$  (MULDER, 1996).

A ultrafiltração é apropriada para concentrar soluções em pressões transmembranas inferiores a 10 bar. Ainda, as membranas de ultrafiltração retêm partículas em que a massa molar de corte varia entre 300 e 500.000 Da. Desse modo, geralmente retém açúcares, biomoléculas, polímeros e colóides (BALDASSO, 2008). Normalmente é utilizada associada a diafiltração.

### 7.1.3 Diafiltração

A diafiltração é a adição de água, com teor reduzido de sais, ao longo do processo de concentração com o objetivo de lavar os componentes de baixa massa molar e aumentar a

purificação do retido (GRANDISON E LEWIS, 1996). Indústrias de alimentos, bebidas, biotecnológicas e farmacêuticas utilizam essa técnica a fim de purificar os produtos de interesse. A diafiltração utiliza um alto consumo de líquido diafiltrante (água com alto teor de pureza). Em indústrias de laticínios, a diafiltração é usada depois da pré-concentração do soro por microfiltração, ultrafiltração ou nanofiltração e propicia uma separação mais efetiva de lactose e sais minerais, elevando a proporção e pureza de proteínas no retido (BALDASSO, 2008).

#### 7.1.4 Nanofiltração

A operação de nanofiltração se encontra entre a ultrafiltração e a osmose-reversa (PÉREZ-GONZÁLEZ *et al.*, 2015). É uma operação que possui gradiente de pressão como força motriz e utiliza membranas com poros de tamanho de 1 nanômetro (MOHAMMAD *et al.*, 2014).

O que caracteriza esse tipo de membrana é a rejeição de íons monovalentes e bivalentes. Nestas membranas, a rejeição de íons monovalentes geralmente é baixa em função da concentração de alimentação e das características da membrana (FRÉGER *et al.*, 2000).

O processo NF tem duas características importantes, a capacidade de separar ânions de baixa massa molar de diferentes tamanhos e valências por exclusão de íons, e a capacidade de reduzir o peso molecular ("cutoff") para fracionar diferentes componentes orgânicos em soluções aquosas. A faixa de 300 a 1000 g · mol<sup>-1</sup>. Para íons multivalentes, as membranas NF apresentam uma taxa de rejeição comparável às membranas OI, superior a 99%, mas a principal diferença está nos íons monovalentes, como Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup> (MULDER *et al.*, 2005).

## 7.2 ROTAS TECNOLÓGICAS PARA SECAGEM E OBTENÇÃO DOS PRODUTOS EM PÓ

Essa parte do processo é extremamente importante para manter a qualidade e durabilidade do produto final, para que ele possa ter um maior tempo de prateleira. Os processos de remoção de água e secagem final do produto serão desenvolvidos de forma

superficial para que mais adiante sejam desenvolvidos de forma completa juntamente com o restante do processo.

### 7.2.1 Evaporação

O processo de evaporação é o mais recomendado para remoção do solvente presente no produto. Os dois principais modelos que são utilizados na produção de *Whey Protein* são: o evaporador de película descendente e o evaporador à vácuo. Devido a maior aplicabilidade e uma maior quantidade de dados encontrados na literatura, o evaporador que será utilizado será o de película descendente, e por isso é o único a ser trabalhado neste tópico.

O evaporador à vácuo seria a melhor escolha para o nosso processo devido a termossensibilidade das proteínas e ao escurecimento não enzimático devido à reação de Maillard, e por fazer uso de vácuo permite trabalhar com temperaturas mais baixas, porém o grande volume que estaríamos utilizando inviabilizaria o uso do mesmo. Assim mesmo sendo a melhor opção para a nossa matéria prima as condições do processo não permitem seu uso, fazendo com que o evaporador de película descendente seja a melhor escolha para esse caso.

O evaporador de película descendente pertence ao grupo de evaporadores verticais de tubos longos, que conseguem ter uma evaporação razoavelmente elevada, graças à convecção natural. Os materiais, sensíveis ao calor, são evaporados numa só passagem através dos tubos. Neste tipo de equipamento, o fluido a ser concentrado é injetado no topo de tubos longos, de modo a escorrer pelas paredes desses tubos, em paralelo com o gás de evaporação. A consequência deste dispositivo é o tempo de contato curto, com a possibilidade de uma grande fração de evaporação (FOUST *et al.*, 1982).

### 7.2.2 Spray dryer

O processo de *Spray dryer* consiste na secagem do líquido com sólidos diluídos, suspensos ou emulsificados, através de um jato pulverizador com altas taxas de transferência de calor e massa, com sistema centrífugo ou de alta pressão. A rápida evaporação da água possibilita manter a temperatura baixa dos sólidos particulados proteicos, com isso impossibilita uma taxa de degradação alta, mantendo os mesmos com pouca alteração

(FOUST *et al.*, 1982). Onde o soro de leite é bombeado para o atomizador, nesta etapa o soro é disperso em gotículas para dentro de uma câmara de ar com aquecimento, onde a água é evaporada devido ao gás quente. Geralmente possuem um ou dois leitos fluidizados - estáticos e vibracionais - para a secagem final e resfriamento do pó aglomerado. O processo de secagem por *Spray dryer* é contínuo. A atomização pode ser dividida em quatro fases (MASTER, 1971):

1. Atomização do líquido
2. Contato do líquido atomizado com ar quente;
3. Evaporação da água;
4. Separação do produto em pó do ar de secagem.

Os fatores que influenciam no processo e no produto final são:

No líquido com sólidos:

- Teor de sólidos;
- Densidade;
- Viscosidade;
- Tensão superficial;

No bico (atomizador):

- Tipo e projeto do bico;
- Vazões de ar/líquido;
- Pressões de ar/líquido;

As gotículas formadas:

- Temperatura e vazão do ar de secagem;
- Fluxo com/contra corrente;

O pó:

- Forma;
- Tamanho;
- Densidade;
- Escoabilidade;
- Umidade.



## 8 DEFINIÇÕES DO PROCESSO

Os tópicos a seguir são referentes às definições principais, para o processamento de 67812,50 Kg por dia de soro de leite pela MOLOTEK, na fábrica localizada em Uberlândia, Minas Gerais.

### 8.1 DEFINIÇÃO DE ESCALA DO PROCESSO

Segundo as informações da ABENUTRI, a produção anual de soro de leite é de 9.9 bilhões de litros por ano, desse total, optamos por pegar uma pequena porcentagem para utilizar como matéria prima. Cerca de 5% desse total, o que equivale a 495.000.000 litros por ano. O interesse da MOLOTEK é ampliar nossa produção com o tempo, a partir da consolidação da marca, conquistando assim uma maior fatia do mercado.

### 8.2 ESTRATÉGIA DE PRODUÇÃO E OPERAÇÃO

A estratégia de operação escolhida para nossa indústria é a de que a planta operará durante 365 dias/ano, 24 horas/dia. Destes 365 dias, nem todos serão utilizados para produzir, 12 dias serão destinados ao programa de prevenção de incêndios e acidentes, o que totaliza em 353 dias. Ainda é necessário descontar os dias que serão destinados para limpeza dos equipamentos, que será realizada durante 1 dia a cada 60 dias, totalizando 6 dias. Também serão considerados 17 dias para outras atividades como manutenção e imprevistos, restando 330 dias de produção contínua. Assim, considerando o planejamento de produção anual, a planta deve produzir 10 ton/dia.

O sistema de produção será dividido em três turnos de 8 horas, para que sejam produzidos em cada turno um sabor diferente. No primeiro turno será produzido o sabor de chocolate, no segundo o de baunilha e por fim será produzido o de morango.

### 8.3 DESCRIÇÃO DAS ETAPAS DO PROCESSO

A descrição das etapas torna-se fundamental para compreender o fluxo da matéria prima ao longo da transformação físico-química e obtenção do produto desejado. As condições de processo como variáveis e parâmetros serão discutidas adiante.

O processo consiste inicialmente no recebimento do soro de leite doce, que será feito por meio de recolhimento com caminhões tanque nas queijarias da região. A matéria prima coletada passará por análises físico-químicas, de temperatura, pH, sólidos totais, sólidos suspensos, demanda biológica de oxigênio (DBO), quantificação de gordura e padronização do produto. Se a matéria prima coletada estiver em condições regulamentadas, seguirá para o processamento. Porém, se o soro apresentar condições inapropriadas para processamento, será classificado e destinado para ETE (estação de tratamento de efluentes).

O soro coletado é destinado até o tanque de alimentação (T1-201), e será bombeado para a etapa de evaporação que tem como objetivo concentrar o soro e reduzir a 50% de massa de água, para diminuição da atividade de água ( $a_w$ ), redução da atividade microbiológica e da deterioração da matéria prima. Segundo Boschi (2006) *apud* De Oliveira *et al.* (2018) o tempo de evaporação do soro de leite varia de acordo com a relação entre água e os componentes sólidos presentes no soro de leite. Porém, a temperatura de evaporação não pode ter muita variação para evitar a degradação proteica ou outros compostos termicamente sensíveis do soro.

A etapa posterior será a microfiltração que ocorre com o intuito de separar glóbulos brancos, bactérias e esporos, portanto, serão utilizadas membranas de 1  $\mu\text{m}$  (BOSCHI, 2006), além de ser um pré-tratamento para a “UF”, já que glóbulos brancos de gordura podem obstruir as membranas de UF.

Com o soro microfiltrado, ele vai passar por uma ultrafiltração, para onde será destinado até um tanque pulmão o soro filtrado. A partir do tanque sairão duas correntes de processo voltadas especificamente para o *WPC* e *WPI*. Para o *WPC*, o soro passará por ultrafiltração com diafiltração, que consiste na adição de água no permeado para promover maior limpeza e separação, nesta etapa ocorre a retenção das proteínas do soro e permeação da lactose, sais minerais e água residual. A eficiência nesta etapa pode variar de 50 a 65% na concentração de sólidos totais (ORDÓÑEZ *et al.*, 2005). Para o *WPI* a operação será feita

com passagem do soro em sequência de membranas de microfiltração, ultrafiltração, processo de diafiltração e ultrafiltração para garantir alto rendimento na concentração. Após a microfiltração, o soro passa por ultrafiltração, e o retentado passa por diafiltração, de onde seguirá para a ultrafiltração produzindo um soro concentrado e filtrado com 80% de proteína, e remoção da lactose e sais minerais. A passagem pela ultrafiltração e diafiltração é muito importante para remoção de um intervalo de tamanho de partículas do soro de leite, promovendo purificação do produto. A água da diafiltração vem de água fria desmineralizada das utilidades do processo.

A etapa seguinte consiste na secagem do soro de leite com 80% e 90% de proteínas através de atomização no *Spray Dryer*. Neste processo a secagem remove a maior parte da quantidade de água do isolado e do concentrado. Assim o processado será pulverizado e obtido um pó com baixa  $a_w$  (na faixa de 0,80 a 0,10), além de redução do volume e produto final com valor agregado (CABRAL, 2015; RAMOS *et al.*, 2016).

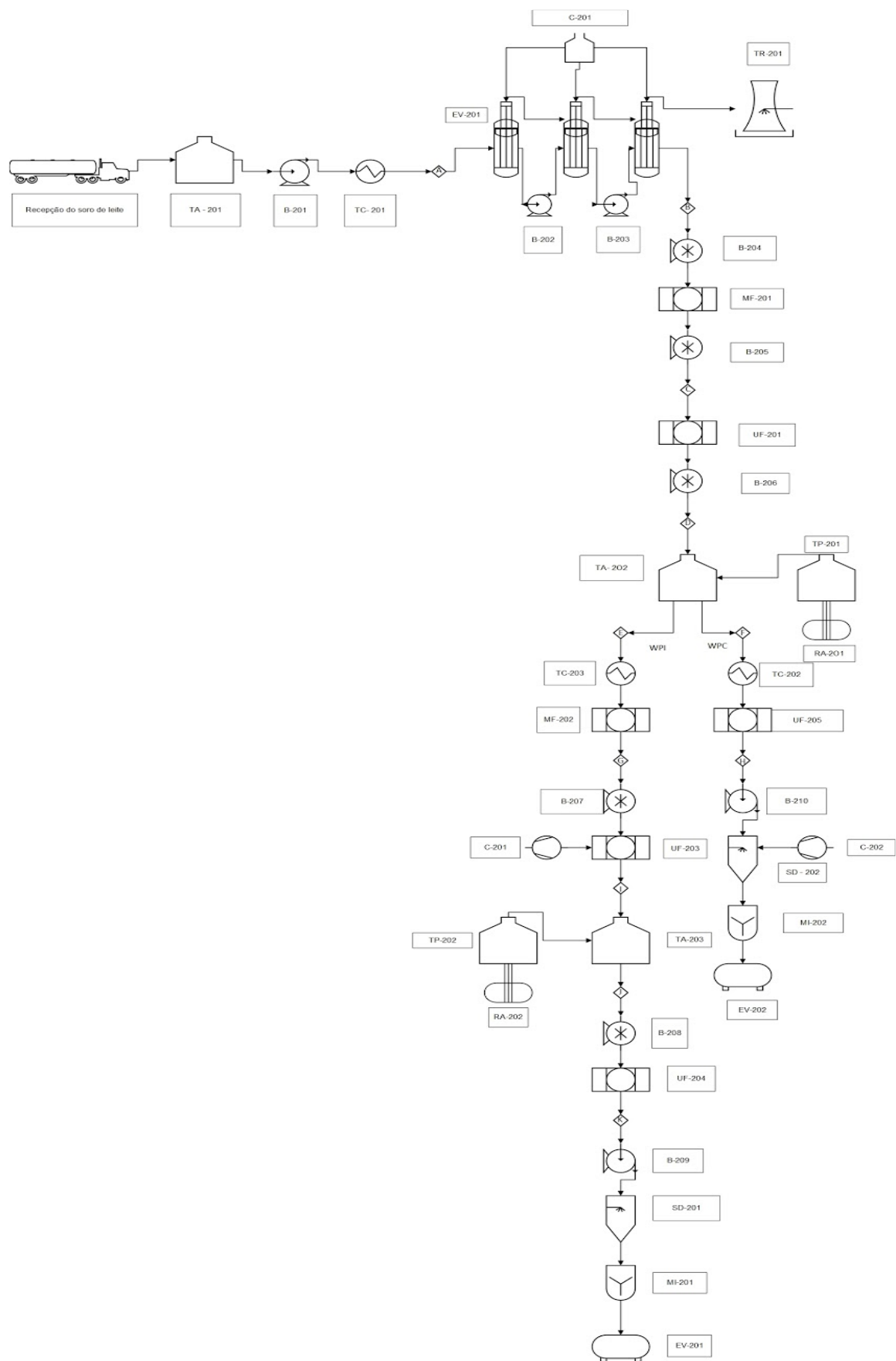
Assim que o produto estiver seco, ele será levado até a etapa de mistura para acrescentar aditivos que vão conferir ao produto final cor, sabor e característica emulsificante, ele será envasado e o produto estará pronto para venda e consumo.

Os resíduos permeados das micro, ultra e diafiltrações serão direcionados para a etapa de tratamento de efluentes, devido a necessidade de tratamento para posterior descarte do resíduo produtivo. Sendo desenvolvido o tratamento biológico ou químico em lagoas de tratamento de efluentes, para estabelecer os parâmetros exigidos para indústria de laticínios determinado pelos órgãos competentes.

#### 8.4 FLUXOGRAMA DO PROCESSO

Na Figura 17 mostra-se o fluxograma do processo produtivo de *Whey Protein Concentrado* e *Whey Protein Isolado* juntamente com a legenda, os códigos e equipamentos do processo.

Figura 17 - Fluxograma do processo produtivo



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2020).

**LEGENDA DOS CÓDIGOS DO PROCESSO**

Código	Equipamento
TA-201	Tanque de armazenamento
B-201	Bomba
TC-201	Trocador de calor
B-202	Bomba
B-203	Bomba
EV-201	Evaporador
B-204	Bomba
MF-201	Microfiltração
B-205	Bomba
UF-201	Ultrafiltração
B-206	Bomba
TP-201	Tanque pulmão
TC-202	Tanque pulmão
MF-201	Microfiltração
B-207	Bomba
UF-203	Ultrafiltração
TP-202	Tanque pulmão
B-208	Bomba
T-202	Tanque
UF-201	Ultrafiltração
B-209	Bomba
SD-201	<i>Spray dryer</i>
MI-201	Misturador
E-201	Envase

TC-203	Trocador de calor
UF-205	Ultrafiltração
B-210	Bomba
SD-2	Spray dryer
MI-202	Misturador
E-202	Envase
T-201	Tanque
C-201	Caldeira
TR-201	Torre de resfriamento
RA-201	Reserva de água
RA-202	Reserva de água
C-202	Compressor
C-203	Compressor

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2020).

## 8.5 BALANÇO DE MASSA

Para a realização dos balanços utilizou-se como base de cálculo 5% da produção anual de soro de leite considerado como volume por hora. Utilizou-se a densidade do soro de leite cerca 1,085 Kg/L para obter uma vazão mássica de 67.812 Kg/h de soro de leite.

No desenvolvimento do balanço de massa foi considerada a composição da Tabela 11 para os cálculos, através da composição média do soro com as respectivas vazões.

Tabela 11- Composição média do soro de leite.

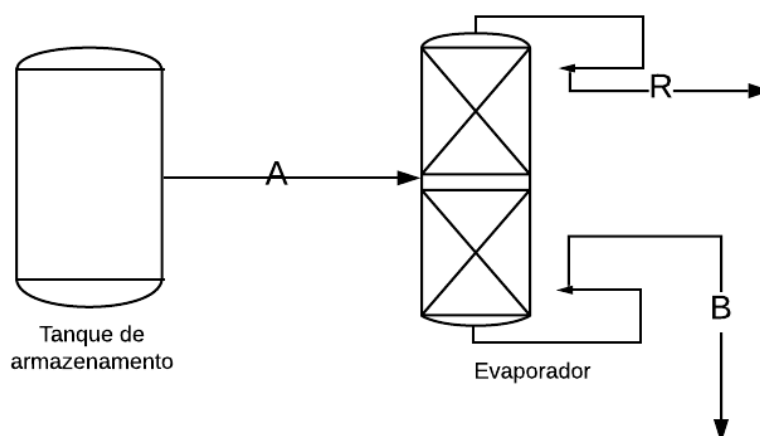
Componente	Fração mássica ( $x_i$ )	F (Kg/h)
Base mássica de cálculo	1	67812.50
Água (a)	0.9300	63065.63
Gordura (g)	0.0020	135.63
Proteína (p)	0.0080	542.50
Lactose (l)	0.049	3322.81
Cinzas (c)	0.011	745.94

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

### 8.5.1 Concentração do soro de leite

Nesta etapa o objetivo é concentrar o soro que alimenta (A) o evaporador, produzindo na corrente B o soro de leite concentrado e removendo na corrente R a água evaporada, como está demonstrado na Figura 18.

Figura 18 - Fluxograma da alimentação de soro de leite no evaporador.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2020).

A equação do balanço de massa global e por componentes para o sistema está representada pelas equações (1) a (7).

Global:

$$A = B + R \quad (1)$$

Componentes:

Água:

$$x_a A = x_a B + x_a R \quad (2)$$

Proteína:

$$x_p A = x_p B + x_p R \quad (3)$$

Gordura:

$$x_g A = x_g B + x_g R \quad (4)$$

Lactose:

$$x_l A = x_l B + x_l R \quad (5)$$

Cinzas:

$$x_c A = x_c B + x_c R \quad (6)$$

Sólidos totais:

$$x_s A = x_s B + x_s R \quad (7)$$

No evaporador ocorre a remoção da água presente no soro de leite. A quantidade de água que é removida é o suficiente para que na corrente de saída tenha-se uma concentração de 50% de sólidos e 50% de água. E como no evaporador a corrente R, sai apenas água, todos os sólidos foram levados para a corrente B. Sendo obtido os resultados para o balanço mostrado na Tabela 12.

Tabela 12 - Resultados das frações e vazões de cada componente presente no soro de leite após a evaporação.

Corrente	A		B		R	
	x	m (kg/h)	x	m (kg/h)	x	m (kg/h)
Água	0.93	63065.63	0.500	4746.88	1	58318.75
Gordura	0.0020	135.63	0.01429	135.625	0	0
Proteínas	0.0080	542.500	0.05714	542.500	0	0
Lactose	0.049	33322.81	0.35000	3322.81	0	0
Cinzas	0.011	745.94	0.07857	745.94	0	0
TOTAL	1	67812.50	0.500	9493.45	1	58318.75

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

Para a etapa de evaporação foi considerado que a fração mássica que é vaporizada será 50% para obter uma corrente de saída com 50% de sólidos (MINKS, 2012). Pois assim



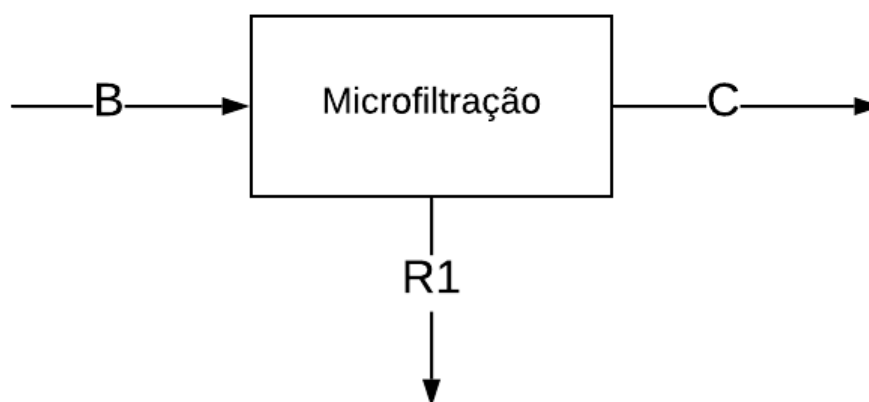
evita-se que ocorra degradação das proteínas devido ao aquecimento, caso fosse evaporada frações mássicas superiores a 50%.

Na etapa seguinte ocorre a passagem do soro de leite concentrado no evaporador para o processo de microfiltração. Esta etapa tem o objetivo de concentrar o soro e realizar a remoção de gorduras e microrganismos (BALDASSO *et al.*, 2011). Na microfiltração o tamanho dos poros da membrana são capazes de reter gordura e microrganismos, permeando proteínas, lactose e outros compostos do soro.

### 8.5.2 Microfiltração 1

Na Figura 19 mostra-se o esquema do balanço de massa para a membrana de microfiltração.

Figura 19 - Balanço de massa da membrana de microfiltração.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2020)

Nessa etapa, utilizamos uma membrana de microfiltração com o intuito de remover a maior parte da gordura do soro do leite. Na Tabela 13, estão as concentrações nas correntes que passam pela membrana. Os balanços de massa global e por componentes estão dispostos nas equações (8) a (14).

Global:

$$B = C + R_1 \quad (8)$$

Componentes:

Água:

$$x_a B = x_a C + x_a R_1 \quad (9)$$

Proteína:

$$x_p B = x_p C + x_p R_1 \quad (10)$$

Gordura:

$$x_g B = x_g C + x_g R_1 \quad (11)$$

Lactose:

$$x_l B = x_l C + x_l R_1 \quad (12)$$

Cinzas:

$$x_c B = x_c C + x_c R_1 \quad (13)$$

Sólidos totais:

$$x_s B = x_s C + x_s R_1 \quad (14)$$

Na Tabela 13 é possível observar os resultados do balanço de massa nesta etapa do processo.

Tabela 13 - Resultados das frações e vazões de cada componente presente no soro de leite microfiltrado.

Corrente	B		C		R1	
	x	m (kg/h)	x	m (kg/h)	x	m (kg/h)
Água	0.500	4746.88	0.500	4746.88	0	0
Gordura	0.01429	135.625	0.01429	6.78125	1	128.84375
Proteínas	0.05714	542.500	0.05714	542.500	0	0
Lactose	0.35000	3322.81	0.35000	3322.81	0	0
Cinzas	0.07857	745.94	0.07857	745.94	0	0
TOTAL	0.500	9493.45	0.500	9493.45	1	128.84375

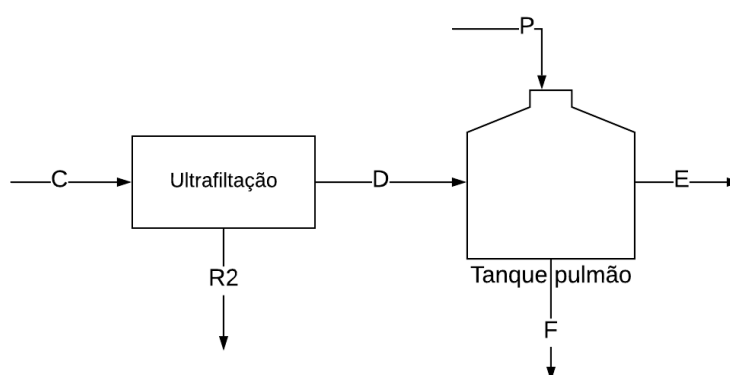
Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

Para a etapa de microfiltração, a quantidade de gordura que será retida pela membrana é de 95% sendo destinada para a corrente R1, enquanto que a corrente C segue para a etapa de ultrafiltração (OLIVEIRA et al 2018).

### 8.5.3 Ultrafiltração

Na Figura 20 mostra-se o esquema do balanço de massa para a membrana de ultrafiltração.

Figura 20 - Balanço de massa para a membrana de ultrafiltração.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2020)

Os balanços de massa global e por componentes estão dispostos das equações (15) a (21).

Global:

$$C = D + R_2 \quad (15)$$

Componentes:

Água:

$$x_a C = x_a D + x_a R_2 \quad (16)$$

Proteína:

$$x_p C = x_p D + x_p R_2 \quad (17)$$

Gordura:

$$x_g C = x_g D + x_g R_2 \quad (18)$$

Lactose:

$$x_l C = x_l D + x_l R_2 \quad (19)$$

Cinzas:

$$x_c C = x_c D + x_c R_2 \quad (20)$$

Sólidos totais:

$$x_s C = x_s D + x_s R_2 \quad (21)$$

Segundo Baldasso (2011), na etapa de ultrafiltração ocorre a remoção da lactose e cinzas, e com uma fração de proteína. Na membrana desta etapa, os poros são maiores que o tamanho das moléculas de lactose, cinzas e água, permitindo a passagem pelo permeado. Logo a corrente D (retentado) é rica em proteínas.

Como vemos na Tabela 14, a capacidade de remoção da membrana de ultrafiltração para a lactose foi de 90% , 90% para as cinzas, 83% da água e, também, 15% de proteína. Direcionando-os para a corrente R2 e o nosso produto de interesse segue para a corrente D.

Tabela 14 - Resultados dos balanços para a ultrafiltração.

Corrente	C		D		R2	
	x	m (kg/h)	x	m (kg/h)	x	m (kg/h)
Água	0.500	4746.88	0.51280	3939.906	0.48	806.969
Gordura	0.01429	6.78125	0	0	0.004	7
Proteínas	0.05714	542.500	0.01059	81.37500	0.275	461.125
Lactose	0.35000	3322.81	0.38923	2990.5312	0.198	332.28125
Cinzas	0.07857	745.94	0.08738	671.34375	0.045	74.59375
TOTAL	1	9493.45	1	7683.156	1.00	1681.750

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

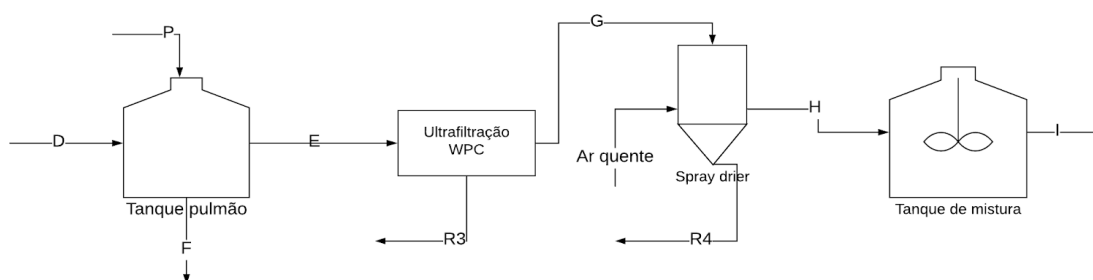
### 8.5.4 Tanque pulmão

Foi necessário definir a porcentagem do soro de leite concentrado que será destinado, a partir do tanque pulmão para produção do *WPC* e *WPI*. Portanto, foi definido que 70% da vazão do tanque será destinada para o *WPC* e 30% será destinado para o *WPI*. O *WPC* recebe uma porcentagem maior devido ao seu maior consumo, sendo o *WPI* um produto mais elitizado tendo assim uma menor demanda.

### 8.5.5 Produção de Whey Protein Concentrado

Na Figura 21 mostra-se o fluxograma da etapa de obtenção de *Whey Protein Concentrado*.

Figura 21 - Fluxograma da etapa de obtenção de *Whey Protein Concentrado*.

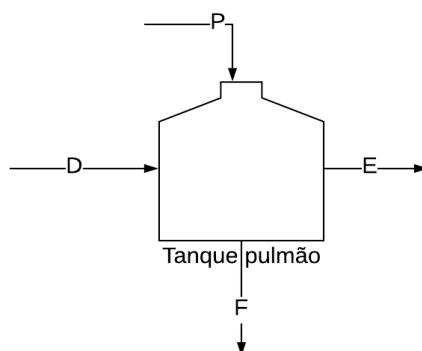


Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2020)

#### 8.5.5.1 Tanque pulmão

O tanque pulmão (Figura 22) tem a função de misturar o conteúdo da corrente D com uma nova corrente de água pura (P) para que o processo consiga ser mais eficiente. Nessa etapa, o que é realizado no tanque pulmão é uma diafiltração, com o intuito de lavar o produto e melhorar a extração de lactose e sais. Na Tabela 15 mostra-se os resultados do balanço de massa no tanque pulmão 1.

Figura 22 - Tanque pulmão 1.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2020)

Tabela 15 - Balanço de massa do tanque pulmão

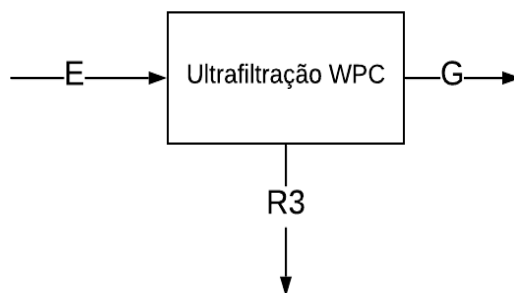
Correntes	D	P	E	F
	m (kg/h)	m (kg/h)	m (kg/h)	m (kg/h)
Água	806.969	1674.97	1737.357	744.582
Gordura	7	0	5	2.034
Proteínas	461.125	0	322.788	138.338
Lactose	332.28125	0	232.597	99.684
Cinzas	74.59375	0	52.216	22.378
Total	3356.72	1674.97	2349.704	1007.016

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

#### 8.5.5.2 Ultrafiltração para Whey Protein Concentrado

Na Figura 23 observa-se o esquema para o balanço de massa na etapa de ultrafiltração do processo de produção de *Whey Protein Concentrado*. Os balanços de massa e por componente para a ultrafiltração do *Whey Protein Concentrado* estão nas equações (21) a (27).

Figura 23 - Ultrafiltração do processo de produção de *Whey Protein Concentrado*.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA(2020)

Global:

$$E = G + R_3 \quad (21)$$

Componentes:

Água:

$$x_a E = x_a G + x_a R_3 \quad (22)$$

Proteína:

$$x_p E = x_p G + x_p R_3 \quad (23)$$

Gordura:

$$x_g E = x_g G + x_g R_3 \quad (24)$$

Lactose:

$$x_l E = x_l G + x_l R_3 \quad (25)$$

Cinzas:

$$x_c E = x_c G + x_c R_3 \quad (26)$$

Sólidos totais:

$$x_s E = x_s G + x_s R_3 \quad (27)$$

Os resultados dos balanços de massa para a ultrafiltração do *Whey Protein Concentrado* são mostrados na Tabela 16.

Tabela 16 - Resultados dos balanços de massa para a ultrafiltração do *Whey Protein Concentrado*.

Corrente	E	G		R3	
	m(kg/h)	x	m (kg/h)	x	m(kg/h)
Água	1737.357	0.2053	86.868	0.8544	1650.489
Gorduras	5	0.0118	5	0.0026	5
Proteínas	322.788	0.6483	274.36938	0.0251	48.418
Lactose	232.597	0.1099	46.51938	0.0963	186.07750
Cinzas	52.216	0.0247	10.44313	0.0216	41.77250
Total	2349.704	1	423.200	1	817.902

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

Essa ultrafiltração atua da mesma forma que a primeira, realizada antes da separação. Na Tabela 16 vemos que a membrana consegue separar 80% da lactose, 80% das cinzas, 95% da água e também temos uma perda de 15% das proteínas (OLIVEIRA et al 2018).

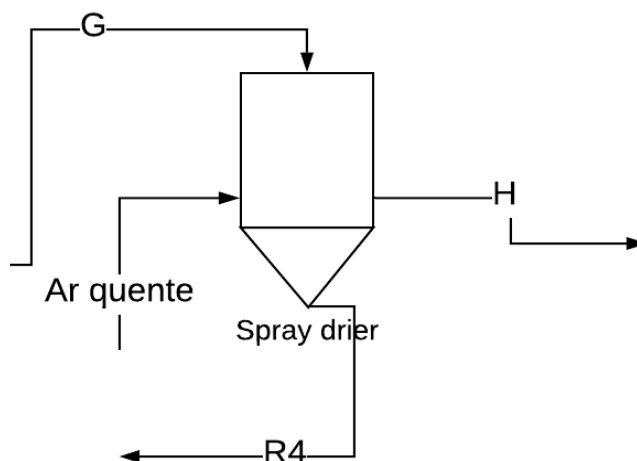
O material que passa pela membrana é destinado ao tratamento de efluentes juntamente com os resíduos das etapas anteriores. É o nosso produto que está retido na membrana e será direcionado para a penúltima etapa desse processo de secagem.

#### 8.5.5.3 *Spray dryer para Whey Protein Concentrado*

Na Figura 24 mostra-se o diagrama para a etapa de secagem por *Spray dryer* para a obtenção de *Whey Protein Concentrado*.



Figura 24 - *Spray dryer* utilizado no processamento de *WPC*



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2020).

Nesta etapa o soro concentrado de leite passa pelo *Spray dryer* para secagem e obtenção do *WPC 80* em pó. A secagem de partículas ocorre através da inserção em névoa, com o intuito de retirada de água. Segundo Minks (2012), a eficiência do processo depende da corrente de alimentação que deve conter uma quantidade de sólidos com no mínimo 50% em massa. Além disso, a porcentagem de água no produto final deve ser em torno de 0,3%, para o *Whey Protein Concentrado* e de 35 a 80% de proteína (ÇELIK,2015). A seguir é demonstrado o balanço global de massa e de componentes.

Balanço de massa global:

$$G = H + R_4 \quad (28)$$

Balanço de massa por componentes:

Água:

$$x_a G = x_a H + x_a R_4 \quad (29)$$

Proteína:

$$x_p G = x_p H + x_p R_4 \quad (30)$$

Gordura:

$$x_g G = x_g H + x_g R_4 \quad (31)$$

Lactose:

$$x_l G = x_l H + x_l R_4 \quad (32)$$

Cinzas:

$$x_c G = x_c H + x_c R_4 \quad (33)$$

Sólidos totais:

$$x_s G = x_s H + x_s R_4 \quad (34)$$

Os resultados dos balanços de massa para o *Spray dryer* para a produção do *Whey Protein Concentrado* são apresentados na Tabela 17.

Tabela 17 - Resultados do balanço de massa para o *Spray dryer* para a produção do *Whey Protein Concentrado*.

Corrente	G	H		R4	
	m(kg/h)	x	m (kg/h)	x	m(kg/h)
Água	86.868	0.00129	0.434	1.00	86.434
Gorduras	5	0.01485	5	0.00	0
Proteínas	274.36938	0.81472	274.369	0.00	0
Lactose	46.51938	0.13814	46.51938	0.00	0
Cinzas	10.44313	0.03101	10.44313	0.00	0
Total	423.200	1	336.766	1.00	86.434

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

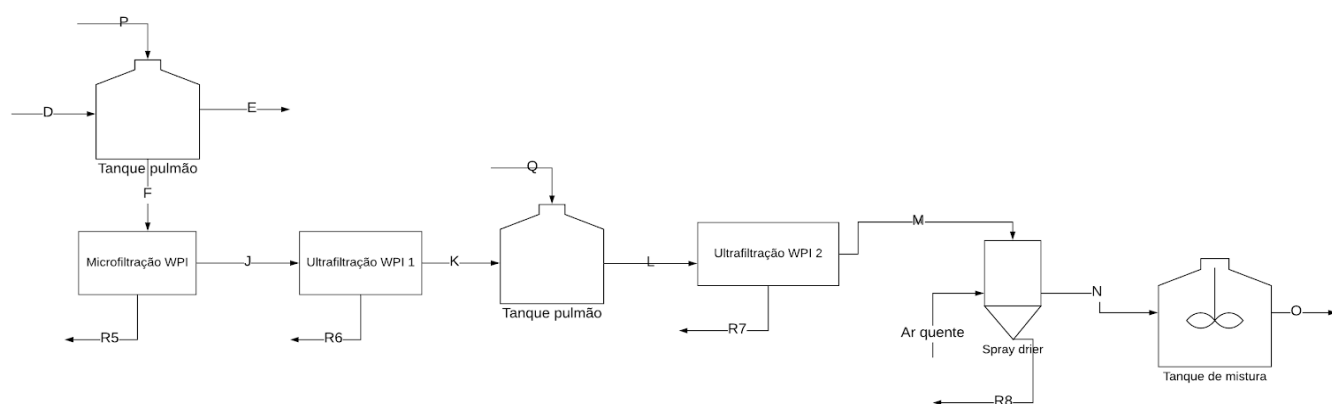
Observa-se que a quantidade de proteína no produto final é de 81%, sendo coerente com a legislação que exige ter um mínimo de 80% para ser considerado um *WPC*. De acordo com a mesma legislação verifica-se que estamos dentro das faixas para gordura, lactose e água.

A partir desta etapa, o soro de leite foi completamente processado para o concentrado protéico (*WPC*) em pó. Nesta etapa ele está pronto para ser misturado com os insumos para receber o sabor, aroma e cor referente a um dos três tipos, morango, chocolate ou baunilha.

### 8.5.6 Produção de *Whey Protein Isolado*

O *Whey Protein Isolado* deve ter maior conteúdo de proteína e menor teor de gordura e lactose do que o *Whey Protein Concentrado*. A fim de remover a gordura residual, uma nova etapa de microfiltração foi implementada. E para a retirada da lactose, dois sistemas de ultrafiltração foram utilizados. Na Figura 25 encontra-se o fluxograma do processo produtivo do *Whey Protein Isolado*.

Figura 25 - Processo produtivo do *Whey Protein Isolado*.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2020).

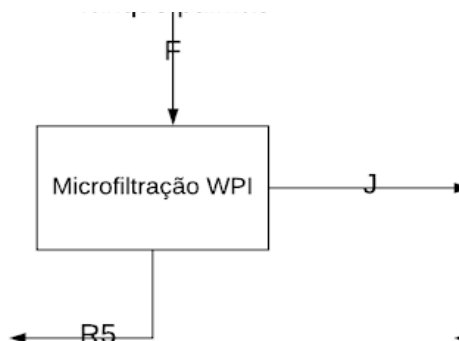
Lembrando, que anteriormente definimos, que apenas 30% do conteúdo do tanque pulmão será destinado para a produção de *Whey Protein Isolado*. Estabelecemos a produção nessas proporções, pois o mesmo é um produto mais específico e mais caro, mais direcionado a consumidores com intolerância à lactose.

Em seguida, para realização do balanço de massa, será considerado o valor de 30% da corrente gerada pela etapa de concentração do soro.

#### 8.5.6.1 Microfiltração para *Whey Protein Isolado*.

Análogo à primeira microfiltração, esta etapa visa remover a gordura residual, porque o teor desse componente no *Whey Protein Isolado* é baixo. O esquema do equipamento está demonstrado na Figura 26.

Figura 26 - Sistema de microfiltração do *Whey Protein Isolado*.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2020).

Os balanços de massa, global e por componente, estão dispostos das equações (35) a (41).

Global:

$$F = J + R_5 \quad (35)$$

Componentes:

Água:

$$x_a F = x_a J + x_a R_5 \quad (36)$$

Proteína:

$$x_p F = x_p J + x_p R_5 \quad (37)$$

Gordura:

$$x_g F = x_g J + x_g R_5 \quad (38)$$

Lactose:

$$x_l F = x_l J + x_l R_5 \quad (39)$$

Cinzas:

$$x_c F = x_c J + x_c R_5 \quad (40)$$

Sólidos totais:

$$x_s F = x_s J + x_s R_5 \quad (41)$$

Os resultados dos balanços de massa da microfiltração para o *WPI* estão na Tabela 18, abaixo.

Tabela 18 - Resultados do balanço de massa para o sistema de microfiltração da produção do *Whey Protein Isolado*.

Corrente	F		J		R5	
	x	m (kg/h)	x	m (kg/h)	x	m (kg/h)
Água	0.73939	744.582	0.7407	744.58	0.0	0
Gorduras	0.00202	2.034	0.0003	0.31	1	1.729
Proteínas	0.13737	138.338	0.1376	138.34	0.0	0
Lactose	0.09899	99.684	0.0992	99.68	0.0	0
Cinzas	0.02222	22.378	0.0223	22.38	0.0	0
Total	1	1007.016	1	1005.29	1	1.729

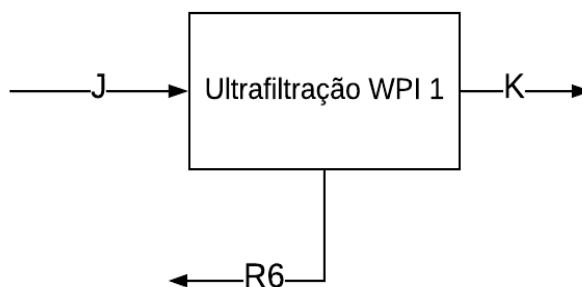
Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2020).

Semelhante à primeira microfiltração, 85% da gordura foi removida. A corrente de retido (R5) é encaminhada para o sistema de tratamento de efluentes e a corrente de permeado (J) entra no sistema de ultrafiltração.

#### 8.5.6.2 Ultrafiltração *Whey Protein Isolado 1*

O objetivo da terceira ultrafiltração e das etapas subsequentes é remover a lactose e as cinzas que ainda permanecem no produto. Na Figura 27 está o equipamento esquematicamente.

Figura 27 - Primeira ultrafiltração do *Whey Protein Isolado 1*



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2020).

Os balanços mássicos para o volume de controle global e por componentes estão mostrados das equações (42) a (48).

Global:

$$J = K + R_6 \quad (42)$$

Componentes:

Água:

$$x_a J = x_a K + x_a R_6 \quad (43)$$

Proteína:

$$x_p J = x_p K + x_p R_6 \quad (44)$$

Gordura:

$$x_g J = x_g K + x_g R_6 \quad (45)$$

Lactos

$$x_l J = x_l K + x_l R_6 \quad (46)$$

Cinzas:

$$x_c J = x_c K + x_c R_6 \quad (47)$$

Sólidos totais:

$$x_s J = x_s K + x_s R_6 \quad (48)$$

Na Tabela 19 observa-se os resultados dos balanços de massa para o primeiro sistema de ultrafiltração, para o processo de produção de *Whey Protein Isolado*.

Tabela 19 - Resultado do balanço de massa para o primeiro sistema de ultrafiltração de *Whey Protein Isolado*.

Corrente	J		K		R6	
	x	m (kg/h)	x	m (kg/h)	x	m (kg/h)
Água	0.7407	744.582	0.20737	37.23	0.857	707.353
Gorduras	0.0003	0.3052	0.00170	0.31	0.000	0.000
Proteínas	0.1376	138.33750	0.65496	117.59	0.025	20.751
Lactose	0.0992	99.68438	0.11105	19.94	0.097	79.748
Cinzas	0.0223	22.37813	0.02493	4.48	0.022	17.903
Total	1	1005.29	1	179.53	1	825.753

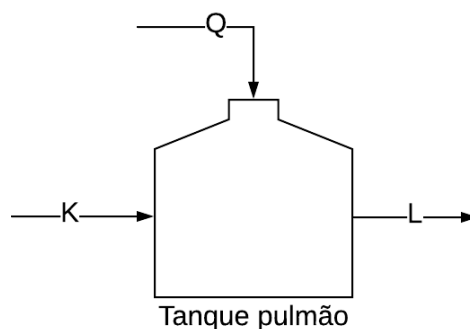
Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2020).

Semelhante à segunda ultrafiltração realizada, esta membrana remove 80% de lactose, 80% das cinzas, 95% de água e 15% de proteínas (OLIVEIRA *et al* 2018). Seguindo a mesma forma que as outras etapas, o permeado é direcionado para o tratamento de efluentes e o que é retido é encaminhado para mais uma etapa de ultrafiltração, para que sejam removidas a lactose e as cinzas e também para atingirmos as exigências de 90% de proteínas no produto final.

#### 8.5.6.3 Tanque pulmão 2

Na Figura 28 observa-se o esquema do tanque pulmão para diafiltração para o processo de *Whey Protein Isolado*.

Figura 28 - Tanque pulmão para diafiltração



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2020).

Similar ao primeiro tanque pulmão, esse tanque tem a função de diluir o material que vem da corrente K através de uma diafiltração para facilitar a filtração de alguns componentes. Na Tabela 20 mostra-se o balanço de massa para o segundo tanque pulmão.

Tabela 20 - Balanço de massa para o segundo tanque pulmão

Correntes	K	Q	L
	m (kg/h)	m (kg/h)	m (kg/h)
Água	37.229	179.53	216.759
Gordura	0.3052	0	0.3052
Proteínas	117.58688	0	117.58688
Lactose	19.93688	0	19.93688
Cinzas	4.47563	0	4.47563
Total	179.53	179.53	359.06

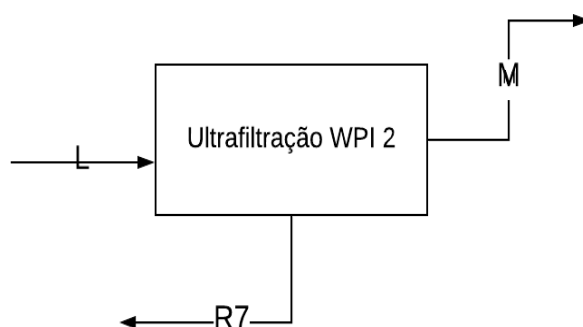
Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

Em sequência ao processamento o material que passou pela diafiltração segue para ultrafiltração para que possamos atingir a concentração ideal para o *WPI* de no mínimo 90%.

#### 8.5.6.4 Ultrafiltração *Whey Protein Isolado 2*

O objetivo dessa ultrafiltração é remover lactose e cinzas. O esquema do balanço de massa é mostrado após Figura 29.

Figura 29 - Segunda ultrafiltração *Whey Protein Isolado*.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2020).



Os balanços de massa, global e por componente, estão dispostos das equações (49) a (55).

Global:

$$K = L + R_7 \quad (49)$$

Componentes:

Água:

$$x_a K = x_a L + x_a R_7 \quad (50)$$

Proteína:

$$x_p K = x_p L + x_p R_7 \quad (51)$$

Gordura:

$$x_g K = x_g L + x_g R_7 \quad (52)$$

Lactose:

$$x_l K = x_l L + x_l R_7 \quad (53)$$

Cinzas:

$$x_c K = x_c L + x_c R_7 \quad (54)$$

Sólidos totais:

$$x_s K = x_s L + x_s R_7 \quad (55)$$

Os resultados dos balanços de massa para o segundo sistema de ultrafiltração da produção do *Whey Protein Isolado* estão dispostos na Tabela 21.

Tabela 21 - Resultado do balanço de massa para o segundo sistema de ultrafiltração da produção do *Whey Protein Isolado*.

Corrente	L		M		R7	
	x	m (kg/h)	x	m (kg/h)	x	m (kg/h)
Água	0.60368	216.759	0.0935	10.8380	0.8471	205.921
Gorduras	0.00085	0.305	0.0026	0.3052	0.0000	0.000
Proteínas	0.32748	117.587	0.8618	99.9488	0.0726	17.638
Lactose	0.05552	19.937	0.0344	3.9874	0.0656	15.950
Cinzas	0.01246	4.476	0.0077	0.8951	0.0147	3.581
Total	1	359.0636	1	115.9745	1	243.089

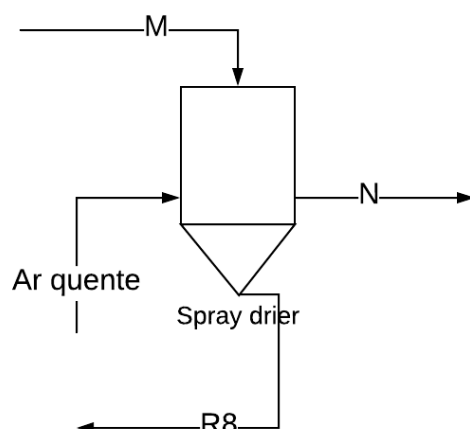
Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2020).

Conforme mostrado na Tabela 21, esta membrana de ultrafiltração pode remover 80% de Lactose, 80% de cinzas, 95% de água e 15% de proteína. Esta etapa é semelhante à ultrafiltração anterior, a diferença é apenas a porcentagem que o produto final deve atingir. Neste caso, o *Whey Protein Isolado* deve conter no mínimo 90% de proteína (OLIVEIRA et al 2018).

#### 8.5.6.5 *Spray dryer - Produção de Whey Protein Isolado.*

Na Figura 30, está representado o *Spray dryer* que utilizamos para remover a umidade do nosso *Whey Protein Isolado*.

Figura 30- *Spray dryer* utilizado no processamento de *WPI*.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2020).

Os balanços de massa, global e por componente, estão dispostos das equações (56) a (62).

Global:

$$L = M + R_8 \quad (56)$$

Componentes:

Água:

$$x_a L = x_a M + x_a R_8 \quad (57)$$

Proteína:

$$x_p L = x_p M + x_p R_8 \quad (58)$$

Gordura:

$$x_g L = x_g M + x_g R_8 \quad (59)$$

Lactose:

$$x_l L = x_l M + x_l R_8 \quad (60)$$

Cinzas:

$$x_c L = x_c M + x_c R_8 \quad (61)$$

Sólidos totais:

$$x_s L = x_s M + x_s R_8 \quad (62)$$

Os resultados dos balanços de massa para o *Spray dryer* da produção de *Whey Protein Isolado* estão na Tabela 22.

Tabela 22 - Resultado do balanço de massa para *Spray dryer* da produção do *Whey Protein Isolado*.

Corrente	M		N		R8	
	x	m (kg/h)	x	m (kg/h)	x	m (kg/h)
Água	0.0935	10.838	0.044	4.877	1	5.961
Gorduras	0.0026	0.305	0.003	0.305	0	0
Proteínas	0.8618	99.949	0.909	99.949	0	0
Lactose	0.0344	3.987	0.036	3.987	0	0
Cinzas	0.0077	0.895	0.008	0.895	0	0
Total	1	115.974	1	110.014	1	5.961

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2020).

A corrente R8 é absorvida pelo ar, fazendo com que tenha uma umidade de 55%, e é liberada na atmosfera a uma temperatura de 25°C, então o produto segue para o tanque de

armazenamento e é encaminhado para a expedição para ser embalado nos diversos tamanhos de embalagens disponíveis.

## 8.6 BALANÇOS DE ENERGIA

O balanço de energia foi realizado no evaporador, pois é o maior equipamento e precisa de uma atenção especial para que a matéria prima não seja afetada por temperaturas altas. A proteína é termossensível, então a aplicação deste balanço é de extrema importância, assim como o sistema de controle no *Spray dryer*. Já as membranas utilizam um processo puramente físico, não sendo necessário a aplicação do balanço de energia.

### 8.6.1 Balanço de energia para o evaporador

Escolhemos um evaporador de película descendente de triplo efeito, devido ao tempo de residência curto e também pela temperatura baixa que pode operar. Optamos por utilizar o método de cálculo, aprendido na disciplina de Operações unitárias, com transferência de calor e Massa I.

Os dados que utilizamos para realizar o balanço de energia estão na Tabela 23.

Tabela 23 - Parâmetros iniciais utilizados nos cálculos, retirados da literatura.

Parâmetros	Valor
Taxa de alimentação	67812,5 (Kg/h)
Temperatura de alimentação do soro	55 °C
Temperatura de alimentação do vapor	180°C
Temperatura de saída da solução no 3º efeito	30 °C
Teor de sólidos totais inicial	0,07
Teor de sólidos totais final	0,5
Coefficiente global de troca de calor (U1)	3123 W/m <sup>2</sup> K
Coefficiente global de troca de calor (U2)	1987 W/m <sup>2</sup> K
Coefficiente global de troca de calor (U3)	1136 W/m <sup>2</sup> K

Fonte: Oliveira et al, (2018); PROST et al. (2006), ORDÓNEZ et al. (2005).

De acordo com o método, a primeira etapa consiste em realizar o balanço de massa global para o evaporador para determinar a quantidade de vapor total (V) produzido utilizando a equação 63 e 64. Para essa etapa assumimos que  $V_1=V_2=V_3=V$ . Em seguida realizamos o balanço global individual para cada efeito e obtemos L1, L2 e L3. Onde L é a quantidade de líquido e F é a alimentação.

$$F = V + L \quad (63)$$

$$F = L_3 + (V_1 + V_2 + V_3) \quad (64)$$

O valor de L3 foi obtido através do balanço de massa, e com ele foi possível determinar o valor V. Com o valor de V, podemos realizar os balanços para cada um dos efeitos.

Primeiro efeito:

$$F = V_1 + L_1 \quad (65)$$

$$F \cdot x_f = L_1 \cdot x_{L1} \quad (66)$$

Segundo efeito

$$L_1 = L_2 + V_2 \quad (67)$$

$$L_1 \cdot x_{L1} = L_2 \cdot x_{L2} \quad (68)$$

Terceiro efeito

$$L_2 = L_3 + V_3 \quad (69)$$

$$L_2 \cdot x_{L2} = L_3 \cdot x_{L3} \quad (70)$$

A Tabela 24 possui os primeiros dados obtidos relativos aos balanços de massa para os evaporadores.

Tabela 24 - Resultado do balanço de massa.

<b>Vazões</b>		
F	67812,50	Kg/h
L1	48372,92	Kg/h
L2	28933,33	Kg/h
L3	9493,75	Kg/h
V	19439,58	Kg/h

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2020).

Em seguida calculamos a elevação do ponto de ebulição utilizando a equação 71.

$$EPE = 1,78 * x + 6,22 * (x^2) \quad (71)$$

Os valores de elevação do ponto de ebulição para cada um dos efeitos estão representados na Tabela 25. Dando sequência calculamos a variação de temperatura efetiva pela equação 72.

Tabela 25 - Elevação do ponto de ebulição nos 3 efeitos.

<b>Elevação do Ponto de ebulição</b>		
EPE 1	0,235	°C
EPE 2	0,459	°C
EPE 3	2,445	°C
Total	3,139	°C

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2020).

$$\Sigma \Delta T \text{ efetivo} = \Sigma \Delta T \text{ aparente} - \Sigma EPE \quad (72)$$

$$\Sigma \Delta T \text{ aparente} = TS - Tv3 \quad (73)$$

O valor obtido para o  $\Sigma \Delta T \text{ efetivo}$  foi de 146,64 °C. Com esse valor podemos calcular a variação de temperatura em cada um dos 3 efeitos, pelas equações 74, 75 e 76.

$$\Delta T1 = \frac{\Delta T * (\frac{1}{U1})}{\frac{1}{U1} + \frac{1}{U2} + \frac{1}{U3}} \quad (74)$$

$$\Delta T2 = \frac{\Delta T * (\frac{1}{U2})}{\frac{1}{U1} + \frac{1}{U2} + \frac{1}{U3}} \quad (75)$$

$$\Delta T3 = \frac{\Delta T * (\frac{1}{U3})}{\frac{1}{U1} + \frac{1}{U2} + \frac{1}{U3}} \quad (76)$$

Os valores para as temperaturas e as variações para cada efeito estão contidas na Tabela 26.

Tabela 26 - Variações de temperaturas totais e em cada um dos efeitos.

Temperaturas	Valor
$\Sigma\Delta T_{\text{aparente}}$	150
$\Sigma\Delta T_{\text{efetivo}}$	146,861
$\Delta T_1$	27,60
$\Delta T_2$	43,38
$\Delta T_3$	75,88

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2020).

Agora calculamos o calor específico ( $C_p$ ) de cada uma das correntes pela equação 77 e encontramos os valores de entalpia para o líquido ( $h_l$ ) e entalpia do vapor superaquecido ( $H_v$ ) para cada uma das correntes através da Tabela 27 (Geankoplis, 2003), disponível no material didático. Com esses valores conseguimos obter o valor para o calor latente ( $\lambda$ ) para cada uma das correntes de vapor pela equação 77. Os resultados dessas etapas estão nas Tabelas 27 e 28.

$$C_p = 4,19 * X_w + [(1,37 + 0,013 * T) * (1 - X_w)] \quad (77)$$

Tabela 27 -  $C_p$  e entalpia da corrente líquida.

Corrente	T (°C)	$C_p$ (kJ/kg°C)	$h_l$ (kJ/kg)
F	55°C	4,04265	222,35
L1	152,6334589	4,107686434	643,58
L2	109,4772302	3,95985823	431,69
L3	30	2,975	125,79

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2020).

Tabela 28 - Entalpia e calor latente das correntes de vapor.

Corrente	T (°C)	$H_v$ (kJ/kg)	$\lambda$ (kJ/kg)
Vs	180	2778,2	2014,98
V1	152,3988895	2750,26	2107,67
V2	109,0177783	2693,09	2235,94
V3	33,1390213	2561,7	2423,37

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2020).

Na sequência, realizamos os balanços de energia nos três efeitos do evaporador, para obtermos os valores reais de todas as nossas correntes. Basicamente tínhamos 3 incógnitas e três equações, então foi resolvido algebricamente utilizando equações auxiliares.

Balanço de energia no terceiro efeito:

$$L2.h_{l2} + V2.\lambda_2 = V3.H_{v3} + L3.h_{l3} \quad (78)$$

$$V2 = L1 - L2 \text{ e } V3 = L2 - L3 \quad (79)$$

Balanço de energia no segundo efeito:

$$L1.h_{l1} + V1.\lambda_1 = V2.H_{v2} + L2.h_{l2} \quad (80)$$

$$V1 = F - L1 \text{ e } V2 = L1 - L2 \quad (81)$$

Balanço de energia no primeiro efeito:

$$F.h_f + V_s.\lambda_s = V1.H_{v1} + L1.h_{l1} \quad (82)$$

$$V1 = F - L1 \quad (83)$$

Na Tabela 29, encontram-se os valores finais das correntes calculadas através do balanço de energia para o evaporador de triplo efeito.

Tabela 29 - Valores finais das correntes do evaporador de triplo efeito.

<b>Valores das correntes (kg/h)</b>	
<b>F</b>	67812,50
<b>L1</b>	51549,62
<b>L2</b>	31903,316
<b>L3</b>	9493,75
<b>VS</b>	31205,39
<b>V1</b>	16262,88
<b>V2</b>	19646,30
<b>V3</b>	22409,57

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2020).



Em seguida, calculamos o calor trocado em cada efeito e a área necessária de cada evaporador para o nosso processo. São parâmetros importantes, pois permitiram fazer o dimensionamento de cada evaporador. Para esse cálculos, utilizamos as equações (84) e (85).

$$q = \lambda.V \quad (84)$$

$$q = A.U.(T_s - T_l) \quad (85)$$

Os valores referentes ao calor trocado e área para cada efeito estão disponíveis na Tabela 30.

Tabela 30 - Área e calor trocado (q) em cada efeito.

<b>Efeito</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Calor trocado (KW)</b>
1°	38,08	62878241,34
2°	32,63	34276794,74
3°	73,14	43927945,88

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2020).

E como é possível observar, obtivemos uma área média de 47,95 m<sup>2</sup>. Também realizamos o cálculo da capacidade que é a vazão mássica de água vaporizada, além da economia que é a razão entre a vazão de vapor de aquecimento e a vazão de água evaporada. Utilizamos as equações (86) e (87).

$$\text{Capacidade} = V_1 + V_2 + V_3 \quad (86)$$

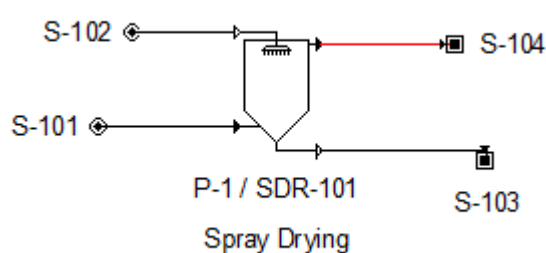
$$\text{Economia} = \frac{V_1 + V_2 + V_3}{V_s} \quad (87)$$

Após realizar os cálculos, obteve-se um valor de economia de 1,87 e uma capacidade de 58318,75 kg/h.

### 8.6.2 Balanço de energia para o Spray Dryer

O Balanço de energia para o spray dryer foi realizado com o auxílio do software Super Pro. O software nos forneceu a entalpia específica, que é calculada com base na composição e no estado físico das correntes do equipamento. Na Figura 31 a seguir, está a representação do *Spray Dryer*, fornecida pelo software de simulação.

Figura 31: Representação esquemática do *Spray Dryer*, segundo o Super Pro.



Após a realização da simulação do processo de secagem por atomização, obtivemos os seguintes dados relativos à entrada e saída do Spray Dryer, que estão disponíveis na Tabela 31.

Tabela 31- Dados da secagem por atomização, obtidas no Super Pro.

<b>Entrada</b>				
<b>Componentes</b>	<b>Vazão (Kg/h)</b>	<b>Concentração</b>	<b>Temperatura entrada (°C)</b>	<b>Entalpia (kW)</b>
Sólidos	336,332	79,47%	25	6,04
Líquidos	86,868	20,53%		
Ar	1509,2175	100,00%	200	85,6
<b>Saída</b>				
<b>Componentes</b>	<b>Vazão (Kg/h)</b>	<b>Concentração</b>	<b>Temperatura saída (°C)</b>	<b>Entalpia (kW)</b>
Sólidos	336,332	95,00%	70	11,25
Líquidos	17,70168	5,00%		
Ar	1509,2175	100,00%	70	80,39

O balanço de energia pode ser calculado através da equação (X), onde  $Q_p$  é a potência dissipada da câmara de secagem.

$$m_1\Delta H_1 + m_2\Delta H_2 = m_3\Delta H_3 + m_4\Delta H_4 + Q_p \quad (88)$$

Então, ao substituir os valores de entalpia e vazão mássica de cada corrente, obtivemos um valor de potência dissipada da câmara de secagem,  $Q_p = 6436,27$  kW.

## 8.7 DIMENSIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS.

### 8.7.1 Tanques de armazenamento

O tanque de armazenamento inicial precisa comportar todo o volume que será trabalhado no dia, sendo cerca de 1500 m<sup>3</sup> por dia. Para que seja possível comportar o grande volume de matéria prima precisa-se de um sistema de tanques de armazenamento. Escolhemos os tanques fabricados pela empresa RDSinox, que nos forneceu um orçamento para os tanques de armazenamento. O sistema conta com 5 tanques de 300 mil litros. O custo com esses tanques seria de R\$ 694.200,00. O custo total dos tanques com frete e instalação é de R\$ 3.471.000,00.

### 8.7.2 Sistema de evaporação

A área necessária para cada evaporador foi calculada juntamente com os balanços de energia, cujos valores são apresentados na Tabela 30. Considerando uma área média de 47,95 m<sup>2</sup>.

Figura 32 - Especificações do sistema de evaporação.

Nome do equipamento	Evaporador de múltiplo efeito
Tipo do evaporador	Película descendente
Marca	Taikang
Tensão (V)	220/380
Capacidade máxima (kg/h)	80.000
Aplicação	Industria alimentícia, farmacêutica, bebidas, etc.
Utilização final	Aplicados a líquidos da área de alimentos
Comprimento (mm)	11.500
Largura (mm)	1.600
Altura (mm)	5.800
Material	Aço inoxidável 316L
Local de fabricação	Zhejiang, China
Certificação	CE, SGS, ISO 9001
Peso (kg)	7.600
Fonte de energia	Vapor
Fonte de energia auxiliar	Energia elétrica
Economia de vapor	3,5 – 4,0
Custo total, incluindo frete e instalação (US\$)	1.050.000,00

Fonte: TAIKANG (2018).

Figura 33 - Sistema de evaporação da MOLOTEK



Fonte: TAIKANG (2018).

O equipamento possui características de alta eficiência na transferência de calor em um curto período de exposição da corrente de processo. O custo do sistema de evaporação adquirido pela empresa é de aproximadamente US\$ 1.050.000,00. Convertido para o valor de reais por dólar, que é 5,20. O custo total do evaporador é de R\$ 5.460,00,00.

### 8.7.3 Sistema de filtração

Os cálculos realizados nesta etapa foram baseados de acordo com OLIVEIRA et al. (2018). Para dimensionar o sistema de filtração, tanto para microfiltração quanto para ultrafiltração, utilizou-se o fluxo volumétrico do processo produtivo com um dos parâmetros a serem contabilizados, representado em L/h de processamento, os quais podem ser observados no presente trabalho. O fluxo volumétrico que passa pelas membranas encontra-se descrito na Tabela 32.

Tabela 32- Fluxo volumétrico que passa pelas membranas.

Fluxo volumétrico das membranas (L/h)	
Microfiltração 1	7955.07
Microfiltração <i>WPI</i>	463.41
Ultrafiltração 1	7081.25
Ultrafiltração <i>WPC</i>	753.82
Ultrafiltração <i>WPI</i> 1	321.10
Ultrafiltração <i>WPI</i> 2	44.86

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2020).

Para determinar a área e a quantidade de membranas que seriam necessárias, utilizamos as equações 88 e 89 (MIERZWA, 2016).

$$A_M = Q_P / q_M \quad (88)$$

$$N_m = A_M / a_M \quad (89)$$

Onde  $A_M$  é a área das membranas em  $m^2$ ,  $Q_p$  é a vazão de permeado em L/h,  $q_M$  é a taxa de produção da membrana que é um valor obtido experimentalmente e está contido na Tabela 33.

Tabela 33 - Valores típicos da taxa de produção da membrana.

Sistema de filtração	Taxa de produção da membrana (L/m <sup>2</sup> .h)
Osiose Reversa	15 - 25
Nanofiltração	20 - 30
Ultrafiltração	25 - 50
Microfiltração	50 - 70

Fonte: Adaptado de OLIVEIRA et al. (2018).

Na equação 89,  $N_M$  é o número de módulos que serão necessários,  $a_M$  é a área de membrana por módulo em  $m^2$  dada pelo fabricante. O valor de  $a_M = 24,2 m^2$  (KOCH, 2021) foi utilizado para a membrana de microfiltração, e  $a_M = 24,6 m^2$  (KOCH, 2021) para a ultrafiltração. Além disso, foram utilizados os valores mínimos de taxa de produção para cada membrana sendo 25 L/m<sup>2</sup>h para a ultrafiltração e 50 L/m<sup>2</sup>h para a microfiltração.

Figura 34 - Informações do sistema de filtração da MOLOTEK

Marca / Modelo da membrana	Dairy-Pro / 8038 MF-0.1 - 45
Material da membrana	Polietersulfona
Material do equipamento	Inox 304 SS
Formato	Espiral
Tensão (V)	220/380
Potência	10,5 kW
Pressão de operação (kgf/cm <sup>2</sup> )	15 - 30
Temperatura de operação (°C)	50
Temperatura de limpeza (CIP) (°C)	40 - 50
pH permitido	2 - 10
pH permitido (CIP)	1,8 - 11
Queda de pressão por membrana (kgf/cm <sup>2</sup> )	5 - 20
Aplicações	Concentração de soro do leite, concentração de caseína, clarificação de salmoura de queijo, etc.
Local de fabricação	Massachusetts, Estados Unidos da América

Fonte: KOCH (2017).

Os valores encontrados para a área, assim como para o número de módulos que serão necessários para cada tipo de membrana se encontram na Tabela 34.

Tabela 34 - Valores da área e número de módulos para o sistema de filtração

<b>Sistema de filtração</b>	<b>Am (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Nm</b>	<b>Nº de módulos (quantidade de membranas)</b>
Microfiltração 1	159.10	6.574	7
Microfiltração <i>WPI</i>	9.27	0.383	1
Ultrafiltração 1	283.25	11.514	12
Ultrafiltração <i>WPC</i>	30.15	1.226	2
Ultrafiltração <i>WPI 1</i>	12.84	0.522	1
Ultrafiltração <i>WPI 2</i>	1.79	0.073	1

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

No entanto, o valor monetário indicado por Rousseau (1987) foi estimado em 1986 (Tabela 35). Para aproximar o preço da realidade presente, foi utilizado o valor limite superior da espiral (1.500 USD/m<sup>2</sup>), e o valor em 2018 foi ajustado para aproximadamente 3.750 USD/m<sup>2</sup>. Contabilizando todas as áreas necessárias para o processo (dois sistemas de microfiltração e quatro sistemas de ultrafiltração), necessita-se de aproximadamente 496,41 m<sup>2</sup> de membranas, totalizando cerca de US\$ 1.861.537,50 para os seis sistemas de filtração por membranas contidos na MOLOTEK. Convertendo o valor do dólar para reais obtemos um valor de R\$ 9.661.379,62.

Tabela 35 - Relação entre membranas, custo por m<sup>2</sup> e densidade de energia requerido.

<b>Tipo de membrana</b>	<b>US\$/m<sup>2</sup></b>	<b>Densidade de energia requerida (W/m<sup>2</sup>)</b>
Tubular	900 - 2000	300 - 120
Espiral	600 - 1500	120 - 25
Capilar	600 - 1600	280 - 100
Placa	800 - 1600	280 - 180

Fonte: Adaptado de ROUSSEAU (1987)

#### 8.7.4 Tanques pulmão

O tanque pulmão serve para armazenar o material que vem do sistema de filtração e separar a quantidade que vai ser destinada ao processamento de *WPC* e para o *WPI*.

O tanque precisa conseguir comportar os 1543 L que vem da ultrafiltração, além de comportar o volume da diafiltração. Considerando uma possível ampliação da produção futura e com o desconto que RDSinox nos forneceu, no orçamento para todos os tanques, optamos por um tanque de 10.000 L, em aço inox, para que ele consiga suportar, caso haja um aumento na produção. Além deste tanque temos um segundo tanque pulmão, entre a primeira e a segunda ultrafiltração do processamento de *WPI*, este tanque terá capacidade para 400 L, em aço inox.

O custo do primeiro tanque é de R\$ 63.000,00 e o custo do segundo tanque é de R\$ 19.000,00. Contabilizando um custo total de R\$ 82.000,00.

#### 8.7.5 Sistema de secagem.

O equipamento escolhido para realizar a secagem do produto final é o *Spray dryer*. Ele recebe o produto vindo do sistema de filtração e transforma em pó o produto final. O *Spray dryer* deve apresentar uma capacidade de processamento de 86,87 kg/h de *WPC* e de 10,39 kg/h para *WPI*. Para o *WPC* escolheu-se um *Spray dryer* com capacidade de secagem de 100 kg/h, modelo LPG 100, para termos uma margem de trabalho caso necessário. Para o *WPI* selecionou-se um *Spray dryer* com capacidade de secagem de 25 kg/h, modelo LPG 25.

O investimento necessário para aquisição destes equipamentos é de R\$ 201.994,78 para o *Spray dryer* do *WPC* e R\$ 784.000,00 para o *Spray dryer* do *WPI*. Totalizando R\$ 985.994,78.

Na Tabela 36 encontram-se as especificações dos dois equipamentos de *Spray dryer* para o processo de secagem. Na Figura 34 mostra-se o *Spray dryer* selecionado.



Tabela 36: Especificações dos *Spray dryer* para o processo de secagem.

Modelo	Evaporação de água máxima (kg/h)	Temperatura de entrada do ar (°C)	Temperatura de saída do ar (°C)	Modelo de transmissão	Velocidade de rotação (rpm)	Diâmetro (mm)	Dimensões (L x W x H)
LPG 25	25	140 - 350	80 - 90	Mecânico	18000	120	3 x 2,7 x 4,3
LPG 100	100						4,6 x 4,2 x 7

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, baseado em Heng Cheng (2021).

Figura 35 - *Spray dryer*.

Fonte: Heng Cheng (2021).

### **8.7.6 Misturadores**

Em relação aos misturadores, foram escolhidos de modelo Ribbon Blender, que possuem capacidade de misturar pós, e de acordo com a vazão do produto. Para a linha de produção de *Whey Protein Concentrado*, foi escolhido um modelo de capacidade de 500L, rotação de 63 rpm, potência de 4,5 kW e custo de R \$45.999,00. Para a linha de produção de *Whey Protein Isolado*, foi escolhido um modelo de capacidade de 250 L, rotação de 63 rpm, potência de 3,7 kW e custo de R \$34.999,00. Em relação ao consumo de energia elétrica, calculou-se em relação ao custo do kwh em Uberlândia que é R\$ 0,5255. Obteve-se um custo de energia elétrica anual de R\$ 18.728,82 para o misturador de 500 L e R\$ 15.399,25 para o misturador de 250 L.

### **8.7.7 Tanques de armazenagem final**

Ambos os tanques de armazenagem no final do processo também servem como tanque de mistura, nele o produto final será misturado com flavorizantes e corantes para tornar o produto mais atrativo e palatável. O tanque no final do processamento de *WPC* precisa comportar o total de 336,47 kg/h incluindo os demais insumos, sendo necessário um tanque com capacidade para 400 L para mantermos uma margem de segurança. O tanque no final do processamento de *WPI* precisa comportar o total de 105,1 kg/h mais os demais insumos, por isso optamos por um tanque com o mesmo volume que o de *WPC*, ou seja com capacidade para 400 L.

O custo dos tanques também fornecidos pela RDSinox é de R\$ 19.000,00, já considerando frete e instalação. O custo total será de R\$ 38.000,00.

### **8.7.8 Envasadoras**

O produto que vem do tanque de armazenamento é envasado em embalagens predeterminadas em pacotes de 1 kg. A envasadora escolhida é a dosadora automática para pó - FLG1000, que possui capacidade para envasar até 10 kg. O custo é de R\$ 40.000,00.

Como precisamos de uma para cada uma das linhas de produção o investimento total com estes equipamentos é de R\$ 80.000,00. Na Tabela 37 estão as especificações técnicas e na Figura 35 mostra-se o modelo de envasadora escolhida.

Tabela 37- Especificações técnicas da envasadora.

Modelo	Voltagem	Potência	Peso	Dimensões	Produtividade	Material
FLG100	220 V	0,7 KW	360 kg	1500 x 370 x 960 mm	1800 por hora	inox 304

Fonte: CETRO (2021).

Figura 36 - Envasadora escolhida.



Fonte: CETRO (2021).

## 8.8 CUSTO DA MATÉRIA PRIMA

Como o soro de leite é um resíduo do processo produtivo de queijo, o custo para obtê-lo é aproximadamente 10% do que é pago ao produtor rural pelo litro de leite integral produzido, segundo a EPAGRI/SC. Foi considerado que será pago ao fornecedor o mesmo montante gasto para transporte do soro. O custo com o transporte do soro será de R\$0,10 por

litro de soro. Valor obtido através de comparação de preços de fretamento de cargas de diversas empresas. O custo total com obtenção de matéria prima por litro de soro é de R\$ 0,20. A quantidade de matéria prima necessária foi obtida partindo do total de produção cerca de 4.096.950,00 Kg por ano. Destes 3931 toneladas são de concentrado protéico e 172 toneladas são de insumos, em uma relação de 95,8% de concentrado e 4,2% de insumos. Para produzir 1 Kg de concentrado protéico é preciso consumir 150 L de soro de leite, sendo necessárias para suprir a produção anual 537.075.000 Kg de soro de leite, devido a densidade da matéria prima ser 1.085 Kg/L. Com o preço de R\$ 0,20 teremos um custo total anual de R\$ 107.415.000.

### 8.9 INSUMOS E ADITIVOS

Os principais insumos e aditivos que serão utilizados são flavorizantes, para deixar o produto final com sabor de chocolate, baunilha e morango. Esses insumos são adicionados no final do processo, após o *Spray dryer*, no tanque de mistura. A quantidade de insumos utilizados é de cerca de 11 kg de insumo para cada 260 kg de produto (Dos Santos et al., 2016). Como temos aproximadamente uma produção de 2640,33 kg/dia de *Whey Protein Isolado* e 8082,39 kg/dia de *Whey Protein Concentrado*. Cada um destes montantes é dividido de forma igual entre os três sabores produzidos, morango, chocolate e baunilha, sendo para o *WPC* cerca de 2694,13 kg, para cada um dos sabores e para o *WPI* cerca de 880,11 kg, para cada um dos sabores. A relação de Kg de insumo por Kg de produto para o *WPC* é de 14 kg de insumo por hora de produção e para o *WPI* é de 4,65 kg de insumo por hora de produção. Os valores de demanda e custo, para cada um dos sabores para produção diária estão listados na Tabela 38.

Tabela 38 - Valores e demanda de insumos para produção diária.

<b>Tipo</b>	<b>Demanda (kg)</b>	<b>Custo (R\$)</b>
Baunilha	149.2	12875.96
Chocolate	149.2	14430.62
Morango	149.2	11692.80
Total	447.6	38999.39

Fonte: Novo aroma (2021).

Levando em conta a mesma lógica aplicada para obtenção do custo total para matéria prima, temos cerca de 166 toneladas de insumos utilizados por ano. Com um preço aproximado de R\$ 86,3/Kg. Assim, o custo total com insumos por ano é de R\$ 14.849.804,97.

## 8.10 PROJETO DE INSTALAÇÕES

O projeto de instalações é fundamental para garantir que as demandas de utilidades do processo como água fria, água quente, ar comprimido, vapor saturado e CIP estejam presentes para o funcionamento do processo. Através da planta baixa da unidade industrial e informações do processo, a tubulação e acessórios de cada utilidade serão projetados conforme a demanda. Assim, para os cálculos de dimensionamento das tubulações, foram divididas as mesmas em trechos, obtendo informações de comprimento e vazão.

O dimensionamento das tubulações da planta industrial tem como base a vazão de cada trecho e as velocidades recomendadas segundo a literatura. Logo para os cálculos, as tubulações fragmentadas em trechos, foram medidos através do Autocad, considerando as demandas de cada equipamento, obtidas pelos balanços de massa e energia.

### 8.10.1 Instalação de água fria

O dimensionamento da instalação da hidráulica de água fria predial é muito importante para o funcionamento de uma unidade industrial, pois a água é utilizada no processo para consumo humano, limpeza, geração de vapor, entre outras necessidades. O sistema de água fria da MOLOTEK distribui água de origem de um reservatório de poço artesiano, bombeado pelo sistema *Air-lift*, através de tubulações que distribuem água aos pontos de demanda.

Segundo a Norma 5626 da ABNT, o projeto de instalações de água fria visa o bom desempenho da instalação, garantindo a qualidade da água para instalações de água potável. Neste trabalho, a água fria é denominada toda água em temperatura de condições de ambiente.

#### *8.10.1.1 Demanda de água fria*

Levando em conta o número de funcionários da empresa que é 48 e conforme a Norma Regulamentadora 24 (NR 24), esta especificação é responsável por regulamentar as condições de higiene e conforto no local de trabalho determinando assim, que a cada 10 funcionários seja instalado um chuveiro e um mictório e também serão instalados e distribuídos na área fabril e área não fabril bebedouros para os funcionários.

Nos lavatórios, considera-se que cada funcionário lave as mãos 6 vezes durante o dia, tendo o tempo de 1 minuto, sendo 30 segundos para esfregar as mãos, e os outros 30 para enxágue. Assim, o tempo total de enxágue por dia dos 48 funcionários é de 144 minutos. Considerando uma vazão de 12 L/min, tem-se um consumo de água na ordem de 1728 L/dia.

Os sanitários apresentam uma vazão de 9 L/min, por descarga, considerando que cada funcionário utiliza o banheiro 4 vezes durante o dia, com uma descarga de 30 segundos, a demanda total de água será de 864 L/dia.

Para o cálculo do consumo de água no refeitório, considera-se que a pia será utilizada apenas duas vezes ao dia, por cada funcionário, tomando como base o mesmo cálculo realizado para os lavatórios, a demanda de água por dia é de 576 L/dia. Os bebedouros ficarão dispostos no pavilhão e no refeitório, considerando um consumo de 1 L de água por pessoa, a demanda de água será de 48 L/dia. Por fim, com base em todas as considerações apresentadas até então, a demanda de água fria total é de 3216 L/dia.

Para o dimensionamento das tubulações do processo foi considerada a vazão que demanda os equipamentos e utilidades que necessitam de água fria, para descobrir o diâmetro de tubulação requerido nos trechos calculados, que pode ser visto no Apêndice A, na Tabela 1.A.

#### *8.10.1.2 Instalações de água quente*

O fornecimento de água quente atende a demanda de determinados aparelhos, equipamentos e utilidades com o intuito de melhorar as condições de conforto e de higiene

em aparelhos sanitários e equipamentos (MACINTYRE, 2017). Neste projeto, a água quente é proveniente da água fria por contato com vapor da caldeira, através de serpentina, e os cálculos de dimensionamento se encontram no Apêndice A.

### **8.10.2 Instalação de Vapor**

A utilização de vapor está localizada em processos fundamentais para a produção do concentrado e isolado protéico, tanto no evaporador de múltiplo efeito, quanto no *Spray dryer* para a secagem é requerido a utilização de vapor saturado seco, na lavanderia para equipamentos de higienização das roupas dos funcionários.

Os cálculos das demandas são baseados nas vazões mássicas de vapor, requeridas por cada um dos equipamentos, considerando a vazão dos mesmos e dos trechos. As vazões encontram-se na Tabela 1.4A do Anexo A, algumas considerações foram utilizadas para estabelecer a demanda de vapor no evaporador e no *Spray dryer* onde foi utilizada a vazão da alimentação para esses equipamentos como base de demanda de vapor.

O dimensionamento das tubulações de vapor utilizou como base a velocidade recomendada de 30 m/s (MACINTYRE, 2017).

### **8.10.3 Dimensionamento das linhas de retorno de condensado**

A tubulação de retorno de condensado está presente nos trechos onde tem-se a tubulação de vapor, com a finalidade de facilitar o transporte do condensado até a caldeira. Ao longo dos trechos da tubulação de vapor, existem trechos de drenagem para garantir o aproveitamento do condensado. Estes pontos de drenagem consistem de separador de umidade, purgador termodinâmico com filtro incorporado e válvula de retenção, que é inserido na saída da caldeira, em cada alimentação de equipamentos e maquinários, antes de válvulas de redução de pressão. A linha de vapor possui uma inclinação no sentido do escoamento, o que facilita o retorno do condensado até a caldeira.

#### 8.10.4 Instalação de Ar Comprimido

O ar comprimido será empregado no evaporador e no *Spray dryer*, para a retirada de água do poço artesiano com o sistema *Air lift*. A Tabela 39 mostra os equipamentos que necessitam de ar comprimido.

Tabela 39 - Equipamentos e demanda de ar comprimido (m<sup>3</sup>/h).

Equipamentos	Pressão (kgf/cm <sup>2</sup> )	Demanda (m <sup>3</sup> /h)
Evaporador	7	20
<i>Spray Dryer</i>	7	18
Envase	10	6
Oficina e equipamentos	36,54	86,7
<i>Air lift</i>		201,17

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021).

#### 8.10.5 Instalação CIP

O CIP é um sistema de limpeza que ocorre com a circulação sequencial de água quente, fria, ácido, álcalis e detergentes através das tubulações e do equipamento de processamento, pois não é viável o desmonte do equipamento para limpeza. Na indústria de alimentos, é necessária higienização do maquinário do processo produtivo. O objetivo do CIP é a eliminação de qualquer resíduo orgânico do sistema de transformação, como precipitado de proteínas, carboidratos, gorduras, sais minerais ou qualquer outra forma de meio para inoculação de bactérias e fungos, evitando a biocorrosão.

Os benefícios da aplicação do CIP é a redução de custos operacionais, redução do tempo de espera para processamento, uso reduzido de água, garantia da segurança do operador, pois não existe necessidade de entrar em tanques para limpeza, e não ocorre o manuseio de materiais de limpeza tóxicos.

O sistema de limpeza CIP consiste de:



- Dois tanques (Tanque 1 e Tanque 2) para armazenamento de água fria (15°C);
- Um tanque (Tanque 3) para armazenamento da solução ácida;
- Um tanque (Tanque 4) para armazenamento da solução básica;
- Um tanque (Tanque 5) para armazenar água quente (90°C);
- Bomba centrífuga para transporte dos fluidos;
- Trocador de calor;
- Controlar e indicador de temperatura;
- Válvulas de controle automático.

Para o sistema CIP foi considerado velocidade mínima de 1,5 m/s e funcionamento de 2 h/dia, na Tabela 40 tem-se a demanda do sistema CIP. Os cálculos para o dimensionamento do CIP se encontram no Apêndice 1.5.A.

Tabela 40 - Demanda do sistema CIP.

Tanque	Volume (m <sup>3</sup> )	Vazão (m <sup>3</sup> /h)	Tempo de enchimento (h)
Água quente	10	2	5
Água fria	5	2	2,5
Ácido	4	1	4
Detergente	4	1	4
Base	4	1	4

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021).

A tubulação será de aço inox 304, devido ao uso de soluções com pH que corroem as tubulações, pintada de lilás, conforme a Norma ABNT NBR 6493/1994.

### 8.10.6 Tubulação do Processo

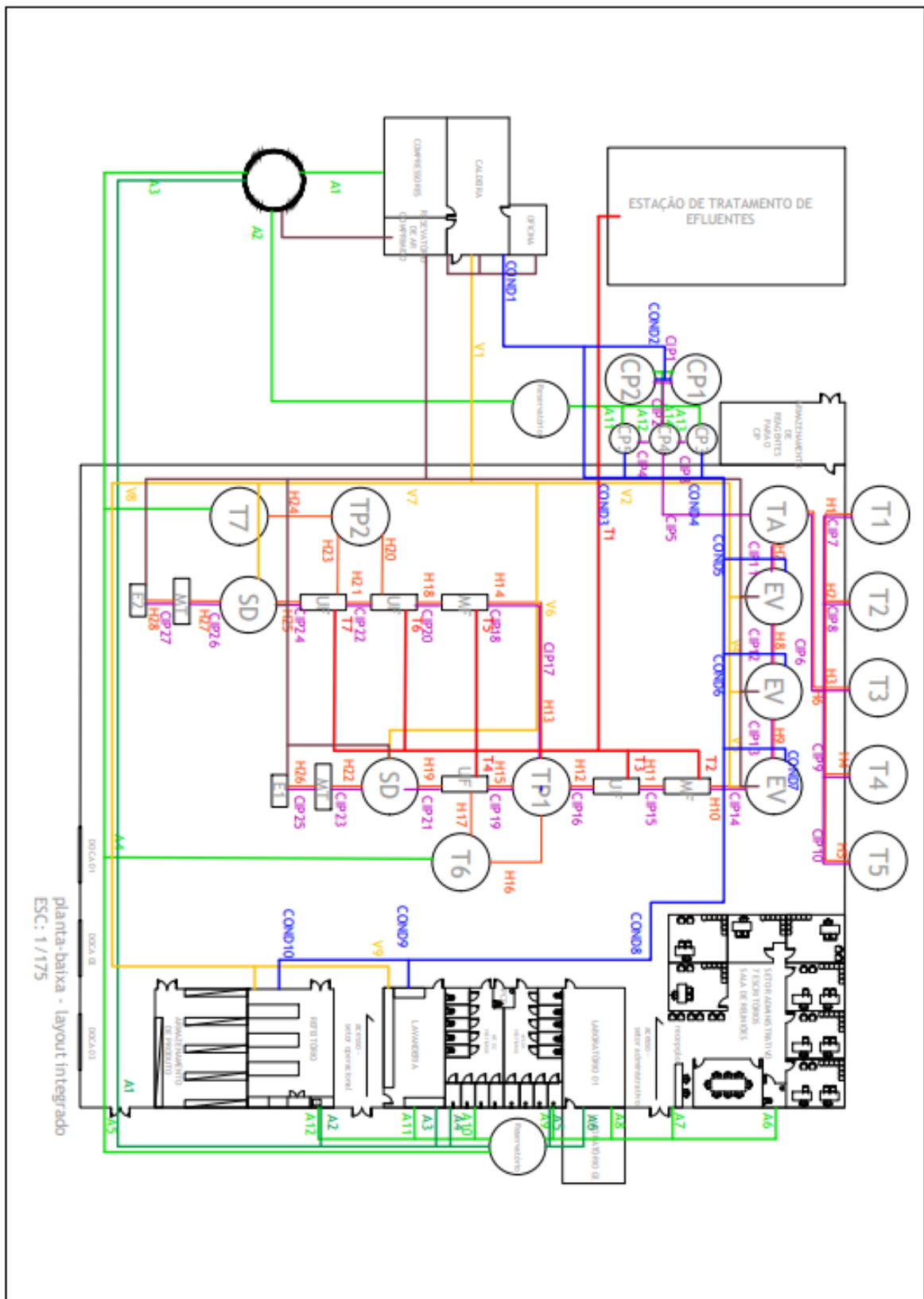
O dimensionamento da tubulação do processo foi realizado tendo como base as velocidades recomendadas em tubulações encontradas nas referências. As vazões foram

calculadas pelo balanço de massa e considerando o tempo de operação. A tubulação do processo é de aço inox, com dimensões determinadas pelas normas ANSI B.36.10 e ANSI B.36.19 (Anexos A) e pode ser vista na Tabela 1.6 A do Apêndice A. O dimensionamento obtido sobre a tubulação do processo se encontra no Apêndice 1.6A

## 8.11 LAYOUT DO PROCESSO PRODUTIVO

Na Figura 37 mostra-se o Layout do processo produtivo da MOLOTEK para a obtenção de WPI e WPC.

Figura 37 - Layout do processo produtivo da MOLOTEK.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021).

## 8.12 CONTROLE DE QUALIDADE

Para a manutenção da qualidade dos produtos e cumprimento das legislações referentes aos alimentos e meio ambiente, serão realizadas análises laboratoriais ao longo de todo processo produtivo e do tratamento de efluentes, com coleta de amostras. Dessa forma, foram estruturados laboratórios destinados à análise da matéria prima do produto final, antes da venda ao mercado. Além de outro laboratório, para análise dos efluentes do processo, desde a recepção do efluente até o descarte. Os mesmos serão credenciados aos órgãos legais e responsáveis, como a Anvisa e a FEAM (Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais).

### 8.12.1 Laboratório de Análise do Soro de Queijo, Concentrado e Isolado Proteico.

As análises realizadas neste laboratório devem seguir as diretrizes da Anvisa, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa). A Portaria DAS nº 105, de 3 de julho de 2014, define a análise que deve ser realizada em alimentos (como leite e laticínios). A Portaria nº 68, de 12 de dezembro de 2006, define os métodos de análise de matérias-primas e produtos

Diante do exposto, sabe-se que no soro de leite será analisada a concentração de proteínas e lactose. Já os produtos (*WPC* e *WPI*) serão analisados no que se refere a proteínas, cloretos e gorduras. Outras análises para os produtos que serão necessárias: análise de umidade, atividade de água e pH. A RDC nº12 de janeiro de 2001 determina os padrões microbiológicos sanitários para alimentos com fins de consumo humano. Assim a análise também será efetuada quanto a presença de *Bacillus cereus*, *Salmonella sp*, estafilococos coagulase-positiva e coliformes a 45°C. Destacamos a sequência dos métodos de análise que serão empregados: Potenciometria (determinação de acidez do pH); Potenciometria (determinação de cloretos); Hidrólise alcalina e extração por solventes (por Mojonnier e determinação de gorduras); Método Kjeldahl (determinação de proteínas totais); Gravimetria (determinação de umidade); Método do Ponto de Orvalho (Aqualab) (determinação de atividade de água); Refratometria e espectrofotometria (método de açúcares redutores para determinação de lactose); Método das velocidades iniciais

(determinação de atividades enzimáticas); Cultura e contagem (detecção e quantificação de atividade microbiana).

### 8.12.2 Laboratório de análise de efluentes

As análises na etapa de efluentes seguem definições do Ministério do Meio Ambiente e do Conselho Nacional do Meio Ambiente. Assim a Resolução nº 430 de 13 de maio de 2011 dispõe sobre as condições e padrões de lançamentos de efluentes. O efluente oriundo da produção de *WPC* e *WPI* será submetido a análises para verificação das condições deste efluente por:

1. Método de digestão de dicromato de potássio (determinação da demanda química de oxigênio);
2. Método eletrométrico com oxímetro (determinação de DBO);
3. Método Kjeldahl (determinação de nitrogênio total);
4. Potenciometria (determinação de pH);
5. Método com ácido ascórbico(determinação de fósforo).

### 8.13 TRATAMENTO DE EFLUENTE

A etapa de tratamento de efluente é importante no processo industrial de obtenção de *WPC* e *WPI*, pois existe a necessidade de gerar baixo impacto ambiental. A Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), determina e estabelece os padrões e condições de lançamentos e descarte de efluentes em corpos hídricos complementando a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005.

O impacto ambiental causado pelo processamento do soro de leite está relacionado à alta carga orgânica presente no permeado da ultrafiltração, sendo que a DBO está na faixa de 30000 a 45000 mg de O<sub>2</sub>/L. Assim este efluente não pode ser descartado diretamente sem que ocorra um tratamento prévio (ATRA *et al.*, 2004). Devido a alta carga orgânica presente neste tipo de efluente, o mesmo pode causar danos ambientais como a eutrofização de rios e lagos (MIZUBUTI, 1994).

### 8.13.1 Caracterização do efluente

A caracterização do efluente foi definida levando em consideração, a composição do soro de leite doce, desconsiderando o processamento de produtos e subprodutos. Assim, o dimensionamento da unidade de tratamento foi estabelecido conforme os padrões exigidos pelo CONAMA. Na Tabela 41 são demonstrados os parâmetros do soro de leite doce.

Tabela 41 - Parâmetros do soro de leite doce.

Parâmetros	Faixa de variação
Sólidos suspensos voláteis	24 - 5.7000 mg/L
Sólidos suspensos totais	135 - 8500 mg/L
DQO	500 - 4500 mg/L
DBO	450 - 4790 mg/L
Proteínas	210 - 560 mg/L
Gorduras/Óleos e graxas	35 - 500 mg/L
Carboidratos	252 - 931 mg/L
Amônia	10 - 100 mg/L
Nitrogênio	15 - 180 mg/L
Fósforo	20 - 250 mg/L
Sódio	60 - 807 mg/L
Cloretos	48 - 469 mg/L
Cálcio	57 - 112 mg/L
Magnésio	22 - 49 mg/L
Potássio	11 - 160 mg/L
Temperatura	12 - 40 °C
pH	5,3 - 9,4

Fonte: HENARES (2015).

Existem exigências legais de lançamento conforme a classe de cada corpo hídrico. Como foi citado anteriormente que as instalações da MOLOTEK serão as margens do rio Uberabinha, e segundo Gonçalves (2009), o rio pode ser alocado na Classe 3 de acordo com a Resolução do CONAMA n° 357 de 17 de março de 2005. Desta forma, foram estabelecidos parâmetros que devem ser seguidos:

- Ser virtualmente ausente de materiais flutuantes, como espumas não naturais;
- Ausência de óleos e graxas;
- Ausência de substâncias que transmitem gosto ou odor;
- Inexistência de corantes de fontes antrópicas;
- Ausência de resíduos sólidos objetáveis;
- Possuir DBO de até 10 mg/L em 20 °C, turbidez de até 100 UNT e cor verdadeira de até 75 mg.Pt/L;
- OD maior que 4 mg/L O<sub>2</sub> e pH entre 6,0 e 9,0.

### **8.13.2 Tratamento dos efluentes industriais do *WPC* e *WPI***

A etapa de tratamento de efluentes consiste em adequar as substâncias oriundas do processo, dentro de normas e legislação vigente. Segundo Jordão (2011), o tratamento de efluentes pode ser dividido em processos físicos, químicos ou biológicos. As separações físicas tem por objetivo, a remoção de substâncias que não se encontram dissolvidas, assim são utilizadas caixas de gordura e de decantação. Para os processos químicos ou biológicos, são adicionados agentes químicos e/ou microrganismos para digestão e oxidação da matéria orgânica (GIORDANO, 2004). Portanto, foi estabelecido que a unidade de tratamento será composta por tanque de equalização, lagoas de estabilização, reator de lodo ativado e decantador.

### **8.13.3 Processos, níveis de tratamentos e balanço de massa**

Os resíduos das correntes serão encaminhados para o tanque de equalização, com a finalidade de equiparar as temperaturas das correntes e homogeneizar os efluentes, já que eles chegam com diferentes concentrações de matéria orgânica, pH e sólidos suspensos. O

objetivo desta etapa é corrigir as diferenças entre os resíduos das correntes e uniformizar as propriedades físico-químicas do efluente.

Tendo como base as referências, foi decidido utilizar o tanque de equalização, como caixa de gordura, considerando que para o balanço material, teremos a remoção de toda gordura do fluente. O tempo de remoção para a equalização foi estimado em 1 dia. Outra consideração importante é que por se tratar de efluentes da indústria alimentícia de lácteos, não participam do processo, quantidades significativas de sólidos finos ou grossos em suspensão, o que não justifica o uso de lagoas de coagulação e flotação. Portanto, para o tratamento de substâncias orgânicas dissolvidas, semi dissolvidas e particuladas, que provém das proteínas, lactose e cinzas removidas durante os processos, decidiu-se por utilizar uma lagoa anaeróbica (LAN), constituída de uma lagoa facultativa (LF) e por um sistema de lodo ativado (LA) com decantador. E devido a necessidade do despejo do efluente tratado foi optado por uma calha Parshall.

O tratamento biológico por meio de lagoas de estabilização é ideal para a característica do efluente gerado na MOLOTEK. Segundo Silva *apud* EYING (2014), o objetivo desta etapa é a redução da carga orgânica, com a utilização de microrganismos que atuam por meio de digestão e oxidação. O projeto da ETE foi dimensionado a fim de que a lagoa anaeróbia tenha maior profundidade, para que com pouco oxigênio permita a proliferação de microrganismos anaeróbios. Já a lagoa facultativa tem como finalidade, a digestão da carga orgânica do efluente (ALMEIDA; GROSSI, 2014). Em seguida, o sistema de lodo ativado participa do processo, após a passagem pelas lagoas de estabilização e tem como finalidade, a adequação dos parâmetros do efluente na legislação. O processo de biodegradação, segundo Giordano (2004), consiste na biodegradação da matéria orgânica e transformação em gás carbônico, água e lodo através da alimentação do oxigênio do ar atmosférico. Na Figura 38 são apresentadas as faixas de remoção para os tratamentos de efluentes, segundo a SABESP (2009):

FS + FS : Fossa séptica seguidas por lagoas facultativas

LF: Lagoas facultativas;

LAN + LF: Lagoas anaeróbias seguidas por lagoas facultativas;

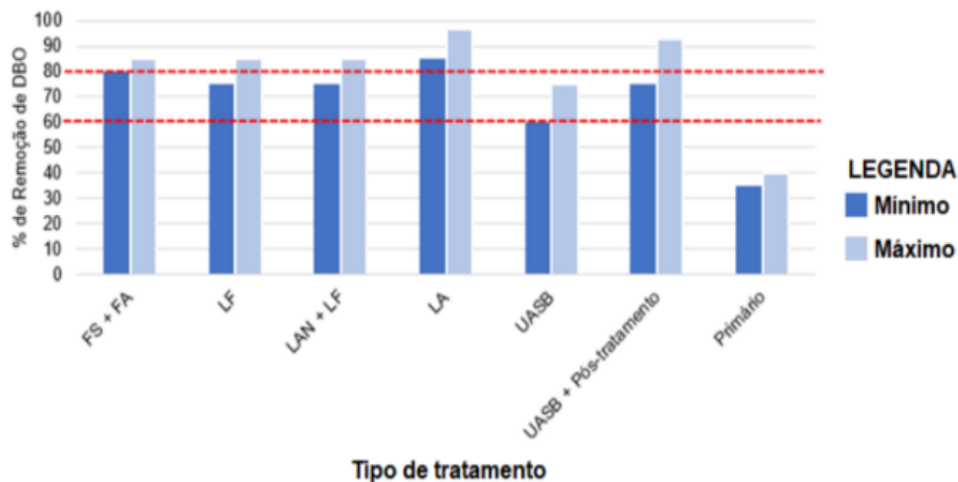
LA: Lodos ativados;

UASA + Pós-tratamento: Reatores UASB sem pós tratamento;



PRIMÁRIO : Tratamento primário (remoção dos sólidos sedimentáveis e parte da matéria orgânica).

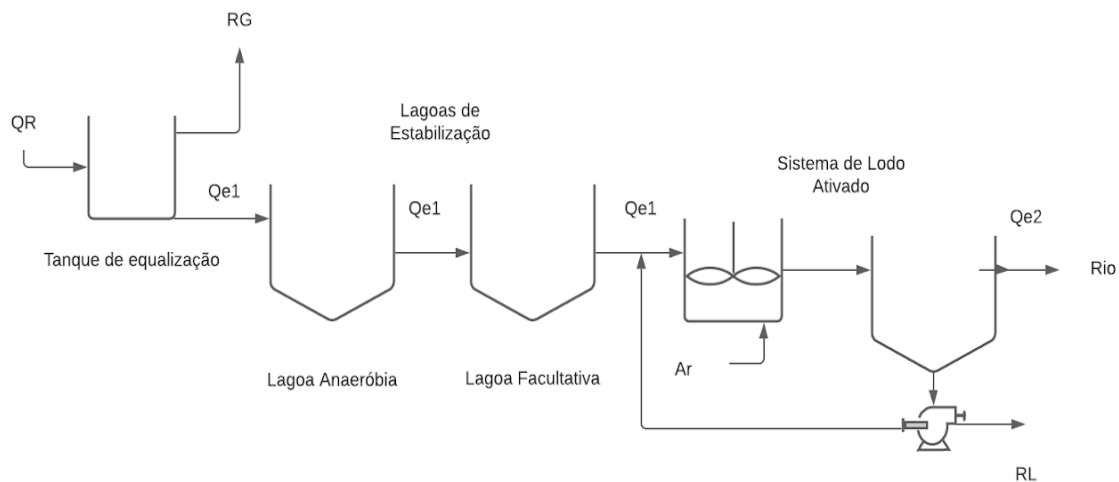
Figura 38 - Dados de remoção de DBO de acordo com o tipo de tratamento.



Fonte: SABESP (2009).

Para o desenvolvimento do dimensionamento da ETE foi estabelecido a soma de todas as correntes residuais dos processos (R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, exceto a corrente R).

Figura 39 - Sistema de tratamento de efluentes utilizado pela MOLOTEK



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021).

O balanço de massa no tanque de equalização se dá por:

$$Q_R = R_G + Q_{e1}$$

$$Q_R = R_1 + R_2 + R_3 + R_5 + R_6 + R_7 - \text{GORDURA}$$

$$Q_R = 3556,494 \text{ kg/h}$$

O valor de  $Q_R$  é a quantidade de efluente que é gerado pelo processo e que será destinado a uma empresa para o tratamento adequado do efluente.

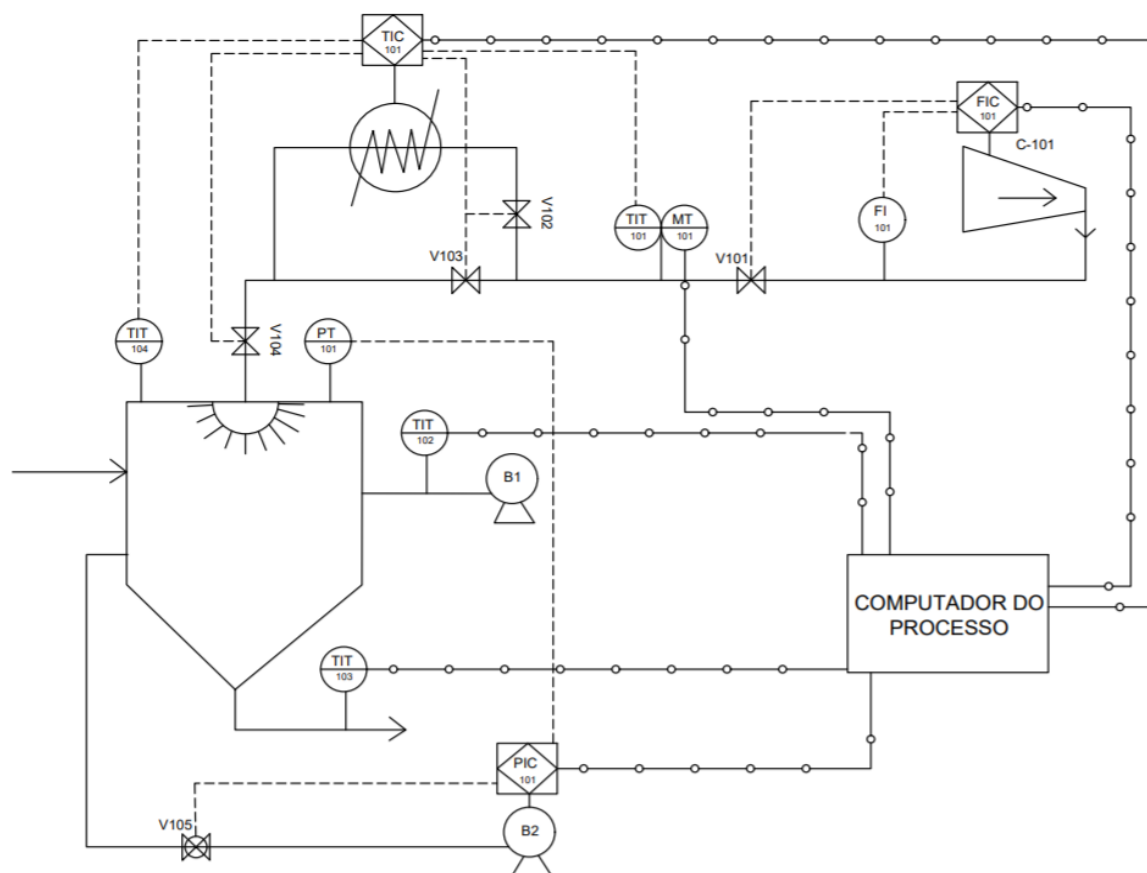
## 9 CONTROLE E INSTRUMENTAÇÃO DO PROCESSO

O equipamento selecionado para que seja projetado o sistema de controle, foi o *Spray dryer* do processamento de *WPC*. A escolha do equipamento foi definida visando a necessidade de manter a temperatura de secagem controlada, para que não ocorra a desnaturação das proteínas. Os métodos de controle são baseados na literatura de acordo com FRANCHI (2011) e BEGA (2011).

### 9.1 SISTEMA DE CONTROLE DO *SPRAY DRYER*

A grande necessidade de controlar o *Spray dryer* se dá pela enorme sensibilidade das proteínas a temperaturas elevadas, podendo desnatura-las, ocasionando em perdas econômicas muito grandes, tendo em vista que, uma vez que as proteínas sejam desnaturadas, elas não podem mais serem utilizadas no produto final. O sistema de controle (Figura 40) foi projetado da forma que, na corrente que leva ar seco para o *Spray dryer* teremos: um medidor de vazão (FI), três válvulas agulha (VA), um transmissor indicador de temperatura (TIT), um medidor de umidade relativa (MT), um trocador de calor junto com um controlador de temperatura (TIC) e na entrada da câmara de secagem teremos um transmissor de temperatura (TT) e um transmissor de pressão (PT). Como precisamos controlar a pressão dentro da câmara, teremos um controlador de pressão (PIC) vinculado a uma bomba de vácuo (BV), uma válvula globo (VB), esse sistema estará ligado ao *Spray dryer*. Na saída do *Spray dryer* teremos um transmissor de temperatura na corrente que leva o produto e um transmissor de temperatura (TT) na corrente que leva o ar úmido. Na Tabela 42 tem-se o detalhamento da instrumentação do processo.

Figura 40 - Sistema de controle.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

Tabela 42 - Detalhamento da instrumentação do processo.

Instrumento	Qty.	Função
Transmissor de temperatura do tipo termoresistência	2	Medir a temperatura do ar que circula pelo sistema de aquecimento do <i>Spray dryer</i>
Controlador de temperatura	1	Controlar a temperatura no trocador de calor para garantir que o ar chegue ao <i>Spray dryer</i> na temperatura correta
Transmissor de pressão	1	Mede a pressão dentro do <i>Spray dryer</i>
Medidor de vazão	1	Medir a vazão de ar comprimido

**(conclusão)**

Medidor de umidade relativa	1	Medir a umidade relativa do ar comprimido que está sendo direcionado para o <i>Spray dryer</i>
Transmissor de temperatura	1	Medir a temperatura do produto na saída do <i>Spray dryer</i>
Transmissor de temperatura	1	Medir a temperatura do ar que sai do <i>Spray dryer</i>
Transmissor de temperatura	1	Medir a temperatura dentro do <i>Spray dryer</i>
Válvula agulha	3	Isolar o sistema de secagem do sistema de ar comprimido
Controlador de pressão	1	Controlar a pressão do <i>Spray dryer</i> para facilitar a secagem do material
Controlador de vazão	1	Controla a vazão que sai do compressor e também opera a válvula agulha
Válvula esfera	1	Isolar o sistema de vácuo do sistema de secagem

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2020).

Todos esses sistemas e equipamentos são conectados por sinais elétricos para uma central de controle computadorizada, situada à distância.

## 9.2 MALHAS DE CONTROLE

A malha de controle responsável por cuidar da temperatura do ar comprimido que chega ao *Spray dryer* é do tipo feedback + feedforward, para que tenha-se um controle maior, onde o transmissor TIT - 101 mede a temperatura da corrente que transporta o ar comprimido, indicando se há desvio da temperatura padrão, mandando o sinal para o controlador TIC - 101. Com esse sinal, o controlador age nas válvulas V - 102 e V - 103, abrindo e fechando-as respectivamente, para direcionar o fluxo para o trocador de calor onde será corrigida a temperatura. A medição feita no transmissor TIT - 104, que mede a

temperatura na entrada do *Spray dryer*, envia sinais para o controlador TIC - 101 indicando se a temperatura está correta. Caso não esteja, o controlador iniciará uma ação corretiva para que a temperatura seja estabelecida no valor desejado, corrigindo a temperatura do trocador de calor, para que a temperatura da corrente de ar comprimido atinja o valor desejado, para não entrar na câmara de secagem com uma temperatura elevada, que pudesse provocar uma desnaturação das proteínas.

A malha de controle responsável por controlar a pressão no *Spray dryer* é do tipo feedback, onde temos o transmissor PT - 101, que mede a pressão dentro do *Spray dryer*, envia sinais para o controlador PIC -101, indicando que a pressão dentro do *Spray dryer* não está correta. Logo, o controlador age na válvula V - 105 e na bomba de vácuo ligada a esse sistema, para que seja possível manter a pressão na câmara de secagem dentro do padrão desejado. Esse sistema é necessário para que possamos manter uma pressão interna do *Spray dryer* em que a temperatura de ebulição da água seja menor que 100 °C, permitindo operar com temperaturas menores, mantendo as proteínas intactas.

A malha de controle, que é responsável por gerenciar a vazão que vem do compressor, possui um medidor de vazão logo após o compressor, que envia sinais para o controlador que fica no compressor. O controlador está ligado tanto ao compressor, quanto à válvula V -101, para que ele possa se adaptar a qualquer distúrbio na vazão. Caso a vazão seja superior ao que é determinada pelo padrão, o controlador irá acionar a válvula, regulando assim a vazão. Caso a vazão seja inferior à determinada pelo padrão, o controlador irá regular o compressor, fazendo com que ele tenha uma vazão maior que a apresentada, e assim suprindo a demanda necessária.

## 10 ANÁLISE ECONÔMICA

Esta etapa visa levantar todos os custos que teremos com a produção de *Whey Protein Isolado* e *Concentrado*, sendo eles: custos para aquisição do local da fábrica, construção da fábrica, aquisição de matéria prima, insumos, compra dos equipamentos, salários dos funcionários, entre outros. Nessa etapa, também mostraremos como será feito e pago o financiamento para custear todo o projeto

### 10.1 CUSTO COM MATÉRIA PRIMA E INSUMOS

O custo para esse item foi debatido nos itens 8.8 e 8.9, tendo um custo anual de R\$ 107.415.000,00 para obtenção de matéria prima e um custo anual de R\$ 14.849.804,97 para os insumos.

### 10.2 CUSTO COM EMBALAGEM

As embalagens de polipropileno escolhidas possuem capacidade de armazenamento de aproximadamente 1 kg. Serão importadas da China e adquiridas da loja *Xangai Ymahai Gensyu Embalagem*. O custo unitário de cada embalagem comprada sozinha é de US\$ 10,00, caso seja feita a compra em volume maiores o preço diminui. Levando isso em consideração, faremos o pedido para o volume mensal de produção de cerca de 321.681 Kg e assim o custo unitário cairá para US\$ 0,50. O investimento total anual, considerando o montante de embalagens utilizadas durante os 330 dias de produção, será de R\$ 9.200.093,7.

Em relação às embalagens secundárias, que servem para transportar os produtos até o consumidor ou pontos de distribuição, optou-se pelas caixas de papelão da empresa Trombini Celulose, cuja unidade da caixa com capacidade para acomodar até 12 embalagens de *Whey Protein*. Cada caixa tem um custo unitário de R\$ 8,50, o custo total anual com estas embalagens secundárias será de R\$ 2.902.006,25.

### 10.3 CUSTO DE AQUISIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS

Um custo aproximado do valor necessário para a aquisição dos equipamentos foi discutido junto com o dimensionamento dos mesmos. Apresentado o custo unitário, assim como o custo total para compra de todos. O valor total de aquisição de cada um dos equipamentos é apresentado na Tabela 43.

Tabela 43 - Custos com equipamentos.

<b>Equipamento</b>	<b>Qnt.</b>	<b>Valor (R\$)</b>	<b>Total</b>
Evaporador	1	5.460.000,00	5.460.000,00
Sistema de filtração	1	9.661.379,62	9.661.379,62
Tanque de armazenamento de 300 mil litros	5	694.200,00	3.471.000,00
Tanque pulmão de 10 mil litros	1	63.000,00	63.000,00
Tanque pulmão de 400 litros	3	19.000,00	57.000,00
<i>Spray dryer WPC</i>	1	201.994,78	201.994,78
<i>Spray dryer WPI</i>	1	784.000,00	784.000,00
Envasadora	2	40.000,00	80.000,00
Compressor	1	43.000,00	43.000,00
Caldeira	1	4.000.000,00	4.000.000,00
TC - 201	1	827,00	827,00
TC - 202	1	1.816,00	1.816,00
TC - 203	1	55.000,00	55.000,00
TC - 204	1	55.000,00	55.000,00
Bombas centrífugas	5	20.000,00	100.000,00
Bombas de deslocamento positivo	5	25.000,00	25.000,00
<b>Total</b>			<b>24.159.017,40</b>

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021).

Além dos custos normais com os equipamentos, também foi necessário considerar o custo com a troca das membranas. A vida útil do sistema de filtração por membranas submetido ao nosso processo é de aproximadamente 4 anos, sendo após esse período necessária a sua troca. Considerou-se um custo da troca de aproximadamente o custo inicial das membranas de R\$ 9.661.379,62.

#### 10.4 CUSTO PARA IMPLANTAÇÃO DA UNIDADE INDUSTRIAL

O custo de aquisição do terreno em Uberlândia foi discutido no tópico 3.1.1 neste trabalho, sendo de aproximadamente R\$ 7.729.815,64.

Os custos com a construção civil foram estimados pelo Custo Unitário Básico de Construção (CUB). De acordo com o SINDUSCON, o CUB para pavilhão industrial no estado de Minas Gerais é de R\$ 845,09/m<sup>2</sup> construído. A área que será construída conta com pavilhão industrial grande, escritórios, banheiros e vestiários, laboratórios, a área da caldeira, oficina e sala de compressores, também a área destinada à estação de tratamento de efluentes, totalizando 2743 m<sup>2</sup>. A área calculada ao lado, considera apenas a que deverá ser construída, a área ocupada para colocar equipamentos entre outras coisas não está considerada neste cálculo. Assim, o custo de construção será de R\$ 2.318.082,00.

Seguindo os métodos de Peter e Timmerhaus (1991), pode-se determinar o gasto médio para implementação de uma indústria, baseando-se em percentuais do custo dos equipamentos. Dessa forma, partindo do custo dos equipamentos podemos obter os demais gastos para implementação da empresa apresentados na Tabela 44.

Tabela 44 - Custo para implementação da unidade industrial.

<b>Item</b>	<b>Percentual</b>	<b>Custo (R\$)</b>
Compra de equipamentos	100%	24.159.017,4
Instalação de equipamentos	0,47	11.354.738,18
Instrumentação e controle	0,18	4.348.623,132
Tubulação instalada	0,66	15.944.951,48
Instalação elétrica	0,11	2.657.491,914
Instalação de utilidades	0,7	16.911.312,18
Custos com engenharia e supervisão	0,33	7.972.475,742
Contingência	0,1	2.415.901,74
Despesas com empreiteiras	0,05	1.207.950,87
<b>Total</b>		<b>86.972.462,64</b>

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021).



### 10.4.1 Área administrativa e de serviços

Além dos gastos apresentados para implementação da empresa, temos que considerar também, os gastos com os móveis, equipamentos eletrônicos que serão necessários para equipar a área administrativa e de serviços, a estação de tratamento de efluentes, com o licenciamento, EPI's e segurança.

Para a estrutura dos sete escritórios, foram considerados os móveis e eletrônicos necessários, conforme detalhamento da Tabela 45.

Tabela 45 - Custo para implementação dos escritórios.

<b>Material</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Valor unitário (R\$)</b>	<b>Valor total (R\$)</b>
Cadeira Escritório	7	94,05	658,35
Cadeira Executiva	7	219,9	1539,3
Mesa	7	282,98	1980,86
Telefone	7	109,9	769,3
Armário	7	258,39	1808,73
Impressora	2	849	1698
Lixeira - 5L	7	39,9	279,3
Notebook	7	2349	16443
Total			25176,84

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021).

Para sala de reuniões, foram considerados também os móveis e eletrônicos a serem utilizados. Eles estão descritos juntamente com seu custo na Tabela 46.

Tabela 46 - Custo para implementação da sala de reuniões

<b>Material</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Valor unitário (R\$)</b>	<b>Valor total (R\$)</b>
Telefone	1	109,9	109,9
Cadeira Executiva	8	219,9	1759,2
Mesa de reunião	1	1252,09	1252,09
Ar condicionado	1	1359	1359

Datashow	1	820	820
Tela de projeção 180x180cm	1	403,66	403,66
Lixeira - 5L	1	39,9	39,9
Total			5743,75

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

O mesmo processo foi realizado para a recepção, conforme mostra a Tabela 47.

Tabela 47 - Custos para implementação da recepção da MOLOTEK.

Material	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Sofá (2 e 3 lugares)	1	1334	1334
Bebedouro	1	289,9	289,9
Cadeira executiva	1	219,9	219,9
Ar condicionado	1	1359	1359
Balcão de recepção	1	737	737
Telefone	1	109,9	109,9
Notebook	1	2349	2349
Lixeira (5L)	1	39,9	39,9
Total			6438,6

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021).

Com o intuito de diminuir os custos, as refeições serão terceirizadas para que não sejam necessários gastos com a construção e a implementação de uma cozinha, diminuindo assim os custos com água e energia, e deixando apenas o custo de implementação do refeitório com móveis e utensílios, indispensáveis para as refeições. Os custos com a implementação do refeitório estão descritos na Tabela 48.

Tabela 48 - Custo de implementação do refeitório.

<b>Material</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Valor unitário (R\$)</b>	<b>Valor total (R\$)</b>
Mesa (10 lugares)	5	1719	8595
Bebedouro	2	289,9	579,8
Pratos rasos	50	5,34	267
Pratos pequenos	50	2,55	127,5
Ventilador de parede	4	205	820
Copos 250 ml	50	2,35	117,5
Talheres (24 peças)	9	40	360
Buffet	1	1798,2	1798,2
Lixeira 32,5L	1	36,79	36,79
Prateleira de aço	1	99,9	99,9
Máquina de lavar louça	1	13776,07	13776,07
Caneca 250 ml	50	8,99	449,5
Total			27027,26

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

Para as instalações dos banheiros e vestiários, considerou-se o número de sanitários apresentado na Figura 36, totalizando 8 sanitários. Além destes, foi separada uma área para vestiários, que deve ser equipada com armários, bancos e espelhos. O custo de implementação apresenta-se descrito na Tabela 49.

Tabela 49 - Custos para implementação dos banheiros e vestiários

<b>Material</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Valor unitário (R\$)</b>	<b>Valor total (R\$)</b>
Armário 20 portas	4	1057,54	4230,16
Banco	6	190	1140
Espelho	6	86,6	519,6
Vaso sanitário com caixa	8	200	1600

Lixeira (5L)	4	39,9	159,6
Lixeira (19,5L)	4	39,48	157,92
Porta papel toalha	4	27,32	109,28
Porta papel higiênico	16	7,9	126,4
Pia (cuba+coluna)	6	95	570
Torneira temporizada	6	66	396
Total			9008,96

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

Optou-se por realizar a higienização dos uniformes na própria indústria. Por isso é fundamental equipar a lavanderia com os materiais necessários para tal. Os equipamentos utilizados, assim como o custo dos mesmos estão representados na Tabela 50.

Tabela 50 - Custos para implementação da lavanderia

Material	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Máquina de lavar e secar roupa	4	11139	44556
Calandra	1	33990	33990
Total			78546

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021).

Também é importante a implementação de um laboratório para que sejam feitas as análises de controle de qualidade. Na Tabela 51 estão representados os custos com a implementação da estrutura do laboratório.

Tabela 51 - Custos para implementação dos laboratórios

Material	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Cadeira executiva	2	219,9	439,8
Armário	1	258,39	258,39
Computadores	2	2040,72	4081,44
Bancada	1	5200	5200
Pia	2	95	190
Ar condicionado	1	1359	1359

Total	11528,63
-------	----------

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

O custo de compra para equipar os laboratórios da MOLOTEK encontram-se descritos na Tabela 52.

Tabela 52 - Custos relativos aos equipamentos dos laboratórios de análise

Material	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Aqualab	1	24.040,53	24.040,53
Capela de fluxo laminar	1	4000	4000
Destilador	1	2797	2797
Refratômetro	1	4773	4773
Centrífuga Mojonier	1	948,33	948,33
Estufa	2	2650,5	5301
Chapa de aquecimento	1	887,5	887,5
pHmetro	2	1389,2	2778,4
Dispenser	1	939	939
Espectrofotômetro	1	4635	4635
Balança eletrônica	2	3220,5	6441
Agitador	2	798,93	1597,86
Turbidímetro	1	3043,78	3043,78
Mufla	1	5663,5	5663,5
Bomba de vácuo	1	1985,5	1985,5
Incubadora DBO	1	5452,95	5452,95
Oxímetro	1	4085	4085
Capela de exaustão	2	4728,53	9457,06
Total			88.826,41

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

Os custos referentes aos materiais utilizados no laboratório estão na Tabela 53.

Tabela 53 - Custos relativos aos materiais utilizados nos laboratórios de análise

(continua)

<b>Material</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Valor unitário (R\$)</b>	<b>Valor total (R\$)</b>
Barra magnética	3	7,1	21,3
Pipetador automático	4	142,9	571,6
Dessecador	2	547,87	1095,74
Espátula	3	10,59	31,77
Pisseta	6	14,29	85,74
Frascos Tipo Mojonnier	8	21,56	172,48
Placa petri	10	6,93	69,3
Cadinho	10	22,38	223,8
Balão Kjeldahl 800 ml	10	80,2	802
Pipeta Pasteur	1	46,9	46,9
Kitassato	1	71,11	71,11
Tubo de ensaio	20	9,75	195
Pinça	4	17,18	68,72
Balão volumétrico 25 ml	4	43	172
Balão volumétrico 50 ml	4	46,8	187,2
Balão volumétrico 100 ml	6	51,7	310,2
Balão volumétrico 250 ml	4	78,8	315,2
Gral de porcelana	2	28,56	57,12
Bureta de 25mL	2	64	128
Bureta de 50 mL	4	75	300
Béquer de 150 mL	4	7,4	29,6
Béquer de 250 mL	6	11	66
Béquer 500 mL	2	24,06	48,12
Erlenmeyer 250 mL	3	16,9	50,7
Bastão de vidro	4	3	12
Vidro relógio	4	7,39	29,56
Proveta 25 mL	2	15	30
Proveta 50 mL	4	16	64
Proveta 100 mL	4	19	76
Proveta 250 mL	2	32,4	64,8

Proveta 1000 mL	2	65	130
Pipeta volumétrica 1 mL	2	19,29	38,58
Pipeta volumétrica 5 mL	2	30	60
Pipeta volumétrica 10 mL	4	25,34	101,36
Pipeta volumétrica 15 mL	2	21,62	43,24
Pipeta volumétrica 20 mL	2	20,38	40,76
Pipeta volumétrica 25 mL	2	29,04	58,08
Pipeta graduada 5 mL	2	8,6	17,2
Pipeta graduada 10 mL	2	8,34	16,68
Pipeta graduada 20 mL	2	13,9	27,8
Pérolas de vidro	1	109,2	109,2
<b>Total</b>			<b>6038,86</b>

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

Para o custo com os reagentes considerou-se 10% do custo total de gastos com os equipamentos e material de laboratórios por ano. Cerca de R\$ 10639,39, valor que será considerado como o gasto com reagentes mensal, devido à grande demanda e custo destes produtos. Nos dando um custo anual de reagentes de R\$ 127.672,68.

A Tabela 54 descreve o investimento em iluminação para cada área da empresa.

Tabela 54 - Custos referentes às lâmpadas da empresa.

<b>Material</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Valor unitário (R\$)</b>	<b>Valor total (R\$)</b>
Escritórios	7	22,61	158,27
Galpão Industrial	25	79	1975
Área externa	12	79	948
Refeitório	4	22,61	90,44
Sala de reuniões	2	22,61	45,22
Recepção	2	22,61	45,22
Banheiros e vestiários	6	22,61	135,66
Sala de máquinas	1	22,61	22,61
Laboratório	4	22,61	90,44
ETE	3	22,61	67,83

Sala de armazenamento de matéria prima	2	22,61	45,22
Sala de armazenamento de produto	3	22,61	67,83
Total			3691,74

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021).

## 10.5 CUSTOS ADMINISTRATIVOS

Este item descreve os custos em relação ao processo administrativo dos quais constam: licenciamento, custos com mão de obra, uniformes e alimentação dos funcionários, que serão detalhados nos itens a seguir.

### 10.5.1 Licenciamento

Considerou-se durante a implantação da unidade industrial as três licenças ambientais obrigatórias (prévia, de instalação e de operação) e o alvará de construção. Além disso, também foram considerados os índices exigidos pelo Corpo de Bombeiros de Minas Gerais: a taxa de incêndio, a taxa de vistoria, a taxa de análise de Processo de Segurança Contra Incêndio e Pânico (PSCIP). A Tabela 55 mostra o custo com as três licenças e as taxas. Os valores para o licenciamento ambiental foram retirados do site da FEPAM, considerando a MOLOTEK ser uma empresa de porte pequeno, com potencial poluidor médio.

Tabela 55 - Custos relativos ao licenciamento e às taxas.

Tipo	Especificação	Valor (R\$)
Licenciamento ambiental	Licença prévia	90.407,13
	Licença de instalação	36.162,85
	Licença de operação	36.162,85
Alvará de construção	-	76
Taxa de incêndio	-	718,64
	Taxa de Vistoria	800,4
Alvará de bombeiros	PSCIP	59,16



Total	6.950,35
-------	----------

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

### 10.5.2 Custos de mão de obra

Os custos relacionados à mão de obra durante o período de um ano incluem salários, impostos e encargos administrativos dos profissionais envolvidos. Os colaboradores serão compostos por 48 pessoas, sendo elas divididas em suas determinadas funções, conforme sua formação profissional.

O salário para estes profissionais foi determinado de acordo com o site Vagas.com, onde é possível verificar a média salarial de cada função. Optou-se também, por um auxílio transporte no valor de R\$ 150,00. Estes dados estão especificados na Tabela 56.

Tabela 56 - Custos relativos a salários

Cargo	Nº	Salário bruto (R\$/mês)	Aux transporte (R\$/mês)	Custo anual total (R\$/ano)
Engenheiro Químico	2	6529	150	158496
Analista de RH	1	3290	150	41280
Analista garantia da qualidade	1	3025	150	38100
Recepcionista	1	1256	150	16872
Vigia	3	1358	150	50688
Mecânico de manutenção	4	2527	150	123096
Operador de processo	11	2182	150	289824
Operador de ETE	5	2005	150	122100
Funcionário de escritório	6	1352	150	99144
Técnico em química	3	2345	150	86220
Gerente industrial	1	11485	150	139620
Operador de caldeira	3	2102	150	77472
Assistente comercial	1	1969	150	25428
Supervisor de produção	3	5109	150	185724
Inspeção sanitária	3	1557,02	150	57852,72
Total				1511916,72

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

A Tabela 57 demonstra a distribuição dos encargos trabalhistas e sociais dos funcionários da MOLOTEK.

Tabela 57 - Distribuição dos encargos trabalhistas e sociais

		%
Encargos trabalhistas	13º Salário	8,33
	Férias	11,11
Encargos sociais	Total FGTS	12
	FGTS s/13º e Férias	2,33
	Soma básico	33,77

Fonte: Guia Trabalhista Online ( Dos Santos et al,2016).

A partir dos dados apresentados na Tabela 56, concluímos que os gastos com os encargos trabalhistas e sociais equivalem a 33,77% do valor do salário, perfazendo um valor anual de R\$ 510.574,3. Assim, o valor total anual investido em mão de obra será de R\$ 2.022.490,99.

### 10.5.3 Uniformes

Cada operário, operador de caldeira, técnico em química, operador da ETE e técnico em manutenção receberá 3 uniformes, sendo que o valor unitário dos mesmos é de R\$ 89,90. Os funcionários da área administrativa receberão 1 uniforme cada, para uso eventual. Assim, o gasto total em uniformes será de R\$ 7.641,50.

### 10.5.4 Alimentação

O serviço de alimentação foi terceirizado e os custos referentes a estes quesitos foram obtidos por meio de contato direto com Genô refeições. O custo do almoço e da janta será de R\$ 9,00 por pessoa e o café da manhã R\$ 3,90, com custos de transporte inclusos. Considerou-se que os funcionários do setor administrativo trabalham apenas cinco dias por

semana e por trabalharem em turno comercial, apenas almoçam na empresa. Já para os demais funcionários, foi considerado almoço e café da manhã, ou almoço e janta, dependendo do turno de trabalho. Assim, tem-se, mensalmente, o número de 1260 almoços, 560 jantas e 560 cafés da manhã. Esta quantia de refeições totaliza R\$ 18564,00. Assim, anualmente, o custo das refeições será de R\$ 222.768,00.

#### 10.6 PREÇO DE VENDA

Obteve-se o preço de venda do produto, a partir da média do preço cobrado por algumas empresas que estão em evidência no mercado atualmente, tanto para o *WPC* quanto para o *WPI*. As marcas e seus respectivos preços estão contidos na Tabela 58.

Tabela 58 - Preço do *Whey Protein Concentrado* e *Whey Protein Isolado*.

<b>Marca</b>	<b>Custo <i>WPC</i></b>	<b>Custo <i>WPI</i></b>
Growth	76,5	139,5
Integralmédica	119,9	214,9
Midway Labs	57,5	149,9
Max titanium	129,9	209,6
Probiótica	152,8	231,9
<b>Média</b>	<b>107,32</b>	<b>189,16</b>

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

Com a média, estabeleceu-se que o preço a ser cobrado seria 75% do valor da média, para que o produto tivesse um preço competitivo no mercado. Dessa forma, o preço estabelecido para o *WPC* é de R\$ 80,49 para embalagens de 900g e para o *WPI* R\$ 141,87 para embalagens de 900g. Esse preço será acertado mais adiante neste trabalho de acordo com a margem do produto.

## 10.7 RECEITA BRUTA

Considerou-se, como receita bruta, o produto do preço de venda e a quantidade de produtos vendidos. Para definição da renda bruta considerou-se que toda a produção será comercializada. Nos próximos itens também serão debatidas as situações reais de venda. A Tabela 59 apresenta o detalhamento da receita bruta.

Tabela 59 - Receita bruta.

<b>Produto</b>	<b>Receita mensal (R\$)</b>	<b>Receita anual (R\$)</b>
<i>Whey Protein</i> concentrado	20.720.140,26	248.641.683,15
<i>Whey Protein</i> isolado	11.915.303,08	142.983.636,94
Total	32.635.443,34	391.634.895,84

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

## 10.8 CUSTO DE PRODUÇÃO

Para determinar o custo de produção de cada um dos dois produtos, partimos do custo individual de matéria prima. Com o custo de obtenção do litro de soro em R\$ 0,20 e a relação de 150 litros para 1 Kg de concentrado, serão gastos com matéria prima R\$ 30,00 para produzir 1 Kg de *Whey Protein*. O custo dos insumos por Kg é de R \$86,30, conforme apresentado anteriormente. De 1000 Kg, 958 Kg são de concentrado protéico e 42 Kg são de insumos, conforme o trabalho. Desta forma serão gastos R\$ 28.740,00 com o concentrado proteico e R\$ 3.624,6 com insumos, com um custo total para os 1000 Kg de R\$ 32.364,6. Dividindo por 1000, tem-se o valor do custo unitário, em relação a matéria prima e insumos, de R\$ 32,365 por Kg de produto acabado. O produto que será comercializado é vendido em embalagens de 900g e assim o custo de produção unitário é de R\$ 29,13. De forma geral, os materiais necessários para produção dos dois produtos é igual, por isso adota-se este valor como sendo igual para o *WPC* e para o *WPI*.

O custo de industrialização foi determinado obtendo os gastos operacionais, e os dividindo pela produção individual de cada tipo de *Whey*, fornecendo assim um custo operacional unitário de R\$ 5,00 para o *WPC* e de R\$ 11,42 para o *WPI*.

O custo da embalagem foi apresentado no item 10.2, porém o custo da embalagem para o *WPI*, a ser cobrada no valor do produto, será mais alto, cerca de R\$ 4,00. Esse acréscimo é decorrente da necessidade de desenvolver uma rotulagem diferenciada para o produto. Como o valor apresentado anteriormente, no item 10.2, precisa ser corrigido, pois o custo com embalagens para o *WPC* será de R\$ 2,63, fazendo a conversão para reais, totalizando um custo de R\$ 7.794.115,97. Para o *WPI* temos o custo unitário de R\$ 4,00 e com isso totalizando o valor de R\$ 3.872.484,00. O total gasto com embalagens para os dois produtos será de R\$ 11.666.599,97. A esse gasto, também é necessário somar o gasto com as embalagens secundárias, que possuem um custo de R\$ 8,50 a cada 12 unidades, com isso o custo das embalagens secundárias em cada produto é de R\$ 0,71.

Assim o custo total de produção para *Whey Protein Concentrado* é de R\$ 37,47 e o custo total de produção para *Whey Protein Isolado* é de R\$ 45,26.

### 10.8.1 Margem bruta do produto

Com o custo de produção obtido, podemos trabalhar para chegar no valor de mercado estipulado no item 10.6, que é cerca de R\$ 80,47 para o *WPC* e R\$ 141,38 para o *WPI*. Para definição da margem calcula-se o custo do frete que seria utilizado para entregar os produtos, cerca de R\$ 0,70 por unidade. Além disso, calculamos os impostos PIS e COFINS e também o ICMS que são impostos agregados ao valor do produto final. A Tabela 60 mostra os valores de margem bruta para cada um dos dois produtos.

Tabela 60 - Margem bruta do produto

Item	<i>WPC</i>	<i>WPI</i>
Matéria prima+insumos	29,13	29,13
Custo de industrialização	5,00	11,42
Embalagens	3,34	4,71
Total	37,47	45,26
<b>Margem percentual</b>	<b>57,99%</b>	<b>131,72%</b>

Frete	0,70	0,70
Total	59,90	105,57
PIS e COFINS	66,00	116,33
ICMS	80,49	141,87

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

Como vemos na Tabela 59 tem-se uma margem bruta de 57,99% para o *WPC* e uma margem bruta de 131,72% para o *WPI*. A grande diferença entre as margens se dá pelo fato do *WPI* ser um produto *premium* direcionado para um público mais elitizado, ou com necessidades específicas como intolerância à lactose, e ao fato de necessitar de mais sistemas de filtração na produção o que também influencia no aumento do preço e da margem.

Em relação aos dois impostos aplicados ao preço, foi aplicado 9,25% em cima do total do produto, considerando a margem bruta e o frete para o PIS e COFINS, e em relação ao ICMS foi aplicado 18% em cima deste mesmo valor.

#### 10.9 CUSTO COM MANUTENÇÃO E DEPRECIAÇÃO DE EQUIPAMENTOS

Para o custo de manutenção dos equipamentos, será considerado cerca de 5%, ao ano, do valor que foi investido neles. Assim temos um total de R\$ 1.207.950,87 correspondente à manutenção anual.

Já o custo de depreciação dos equipamentos será considerado em torno de 10%, ao ano, do valor dos equipamentos, o que corresponde a R\$ 2.415.901,74.

#### 10.10 CUSTO COM UTILIDADES

Os cálculos de custo com energia elétrica foram estimados de acordo com a potência elétrica dos equipamentos, lâmpadas e tempo de operação. Também foi levado em conta o valor do R\$/kWh para o estado de Minas Gerais, que segundo a Resolução Homologatória nº 2.797 de 17/11/2020 - Vigência a partir de 22/11/2020, está no valor de 0,52557 para a categoria B3 - Industrial. Na Tabela 61, a seguir, estão disponíveis as demandas de energia elétrica.

Tabela 61 - Demandas de energia elétrica por equipamento.

<b>Equipamento</b>	<b>Qnt.</b>	<b>Potência (kW)</b>	<b>Tempo de Operação (h/mês)</b>	<b>Consumo/mês (kwh/mês)</b>	<b>Total (R\$)</b>
<i>Spray Dryer WPC</i>	1	10	648	6480	3405,6936
<i>Spray Dryer WPI</i>	1	4	648	2592	1362,27744
Evaporador	1	43,5	648	28188	14814,76716
Envasadora	2	0,7	648	907,2	476,797104
Bomba de deslocamento positivo	5	7,35	648	23814	12515,92398
Bomba Centrífuga	5	9,19	648	29775,6	15649,16209
Compressor	1	132	648	85536	44955,15552
Lâmpadas - Escritórios	7	0,018	160	20,16	10,5954912
Lâmpadas - Indústria	25	0,08	504	1008	529,77456
Lâmpadas - Refeitório	4	0,018	112	8,064	4,23819648
Lâmpadas - Salas de armazenamento	2	0,018	28	1,008	0,52977456
Lâmpadas - Banheiros	6	0,018	56	6,048	3,17864736
Lâmpadas - Laboratórios	4	0,018	224	16,128	8,47639296
Lâmpadas - Área externa	12	0,08	224	215,04	113,0185728
L. - Sala de Reuniões	2	0,018	16	0,576	0,30272832
Lâmpadas - Recepção	2	0,018	160	5,76	3,0272832
Ar condicionado - Laboratórios	1	3,516	160	562,56	295,6646592
Ar condicionado - Escritórios	1	3,516	160	562,56	295,6646592
Ar condicionado - Sala de Reuniões	1	3,516	16	56,256	29,56646592
Ventilador de Parede	4	0,23	84	77,28	40,6160496
Buffet	1	2,5	112	280	147,1596

Máquina de lavar louça	1	3,63	5,6	20,328	10,68378696
Máquina de lavar e secar roupa	1	12	13,33	159,96	84,0701772
Calandra	1	6	16	96	50,45472
<b>TOTAL</b>	-	-	-	-	<b>94.806,80</b>

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021).

Quanto ao vapor, ao usar lenha, a estimativa de Ruediger (2020) é de 43,00 reais por tonelada de vapor. Como a demanda diária de vapor não ultrapassa 10 toneladas, o gasto anual será de até R\$ 141.900,00.

Tabela 62 - Estimativa de custos com utilidades.

Utilidade	Demanda	Preço (R\$)	Custo (R\$/ano)	Referência
Energia Elétrica (Kw/mês)	94806,79	0,5255 (/kWh)	31286243,56	Resolução nº 2.797 17/11/2020
Vapor (ton/dia)	10	43 (/ton)	141900	Ruediger
<b>TOTAL</b>	-	-	<b>31428143,56</b>	

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

#### 10.11 CUSTOS EXTRAS

Segundo a Folha de São Paulo (2010), cada companhia gasta anualmente, em média, R\$1.586,00 por funcionário com treinamentos e educação corporativa. Este custo foi considerado, resultando em um investimento anual de R\$ 53.924,00.

Segundo o Jornal Cruzeiro do Sul (2012), a participação dos custos logísticos no setor de alimentos e bebidas é de 5,40% sobre o faturamento. Então, o gasto anual com este item é de R\$ 18.267.909,05.

Gastos com marketing devem ficar entre 3 e 5% do faturamento anual, de acordo com a Revista Exame (2012). O concentrado proteico necessita deste investimento em marketing, para que se torne conhecido pelo consumidor final, ainda mais operando



totalmente online. Assim, optou-se por investir 6% do faturamento relativo à venda do concentrado proteico, totalizando o investimento anual de R\$ 20.297.676,73 neste setor.

Além disso, estimou-se um gasto mensal de R\$ 5.000,00 com a empresa terceirizada de limpeza e com materiais de higiene e limpeza, totalizando anualmente R\$ 60.000,00. E também, R\$ 400,00 mensais para materiais de escritório e R\$ 1.500,00 para telefonia e internet, totalizando, respectivamente, R\$ 4.800,00 e R\$ 18.000,00 anuais. E para EPI e segurança, destinou-se também como investimento, R\$ 10.000,00.

## 10.12 FINANCIAMENTO

O financiamento tem como objetivo auxiliar no investimento inicial, para que a empresa tenha um suporte para começar as atividades, sem precisar arcar com todo o investimento sozinha. O financiamento será realizado junto ao BNDES, por ser o banco com as melhores taxas de juros para altos valores e que incentiva o empreendedorismo. Além disso, também serão recrutados investidores para contribuir com o valor inicial, além de fornecer dinheiro para capital de giro. Este investimento está detalhado na Tabela 63.

Tabela 63 - Detalhamento do investimento inicial.

<b>Item</b>	<b>Custo (R\$)</b>
Equipamentos	24159017,4
Instalação de equipamentos	11354738,18
Instrumentação e controle	4348623,132
Tubulação instalada	15944951,48
Instalação elétrica	2657491,914
Instalação de utilidades	16911312,18
Custos com engenharia e supervisão	7972475,742
Contingência	2415901,74
Despesas com empreiteiras	1207950,87
Terreno	7729815,64
Construção	2318082
Licenciamento	6950,35

Custos com os laboratórios	82353,37
Área administrativa e de serviços	151941,41
Uniformes	7641,5
EPI e Segurança	10000
Iluminação	3691,74
<b>Total</b>	<b>97.282.938,65</b>

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

Considerou-se que do valor total do investimento inicial, 30% do valor virá de investidores e do nosso próprio capital e os 70% restantes serão financiados pelo BNDES.

Tendo por base o ano zero, quando a empresa será construída, como sendo um período de carência, serão pagos apenas os juros. As parcelas serão divididas em 5 anos, a taxa de juros cobrada para o nosso financiamento, segundo a simulação de financiamento realizada com o BNDES, é de 10,24% ao ano. A quantidade total de juros que serão pagos é de R\$ 20.321.051,22. A Figura 41 mostra de forma resumida como se dará o financiamento.

Figura 41 - Resumo do financiamento com o BNDES.

<b>Resultado resumido*</b>	
Valor financiado	R\$ 68.098.057,06
Prazo total	60 meses
Prazo de carência	12 meses
1º pagamento na carência	R\$ 1.679.364,81
1º pagamento na amortização	R\$ 1.973.958,17
Taxa de juros final	10,24% a.a

Fonte: (BNDES, 2021).

A Tabela 64 mostra de forma simplificada as prestações do financiamento realizado com o BNDES.

Tabela 64 - Prestações simplificadas a serem pagas ao longo de cinco anos.

<b>Ano</b>	<b>Saldo inicial</b>	<b>Juros</b>	<b>Amortização</b>	<b>Prestação</b>	<b>Saldo final</b>
1	68.098.057,06	6.717.459,24	0	6.717.459,24	68.098.057,06
2	52.492.252,31	5.899.516,92	17.024.514,24	22.924.031,16	51.073.542,79
3	35.467.738,05	4.233.771,00	17.024.514,24	21.258.285,24	34.049.028,53
4	18.443.223,79	2.568.025,02	17.024.514,24	19.592.539,32	17.024.514,26
5	17.024.514,26	902.279,04	17.024.514,24	17.926.793,29	0

Fonte: BNDES (2021).

### 10.13 CUSTOS FIXOS E VARIÁVEIS

Os custos fixos de uma empresa são todos os gastos que não dependem de nenhum fator e sempre se manterão iguais, não importando as mudanças que ocorram. Por exemplo, gastos com salários, alimentação, materiais de escritório entre outros.

Os gastos variáveis são aqueles que mudam de acordo com uma certa demanda. Por exemplo, o custo com a matéria prima e insumos depende de como está a produção, podendo ser maior ou menor. A Tabela 65 descreve todos os custos fixos e variáveis da MOLOTEK assim como os valores agregados a eles.

Tabela 65 - Custos fixos e variáveis

<b>Despesas Fixas</b>		<b>Despesas Variáveis</b>	
Alimentação	222.768,00	Matéria prima e insumos	122.264.804,97
Salários	1.511.916,72	Embalagens	11.666.599,97
Manutenção	1.207.950,87	Embalagens caixas papelão	2.902.006,25
Depreciação	2.415.901,74	Utilidades	31.428.143,56
Laboratórios	234.066,58		
Limpeza e materiais	60.000,00		

Treinamentos	53.924,00		
Marketing	20.297.676,70		
Materiais de escritório	4.800,00		
Telefonia e internet	18.000,00		
Total	26.027.004,61	Total	168.261.554,75

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

Assim, pela Tabela 65, temos R\$ 26.027.00,61 de custo fixo e R\$168.261.554,75 de custo variável. Esses custos serão abatidos do faturamento total que será apresentado mais adiante neste trabalho.

#### 10.14 TAXA INTERNA DE RETORNO

A taxa interna de retorno é um método usado para análise de projetos de investimento. A análise de investimento deve primeiro preparar o fluxo de caixa do projeto. Por meio da previsão de entradas e saídas e do valor disponível, pode-se iniciar o processo de determinação da viabilidade econômico-financeira do projeto. Para Brom e Balian (2007), a taxa interna de retorno representa a taxa média normal de retorno do projeto, que é suficiente para repor completa e precisamente o investimento

Assim o fluxo de caixa para o período dos 7 anos, em que será realizado o financiamento está representado na Tabela 65, onde também estão incluídos todos os custos com impostos e gastos produtivos.

Para que os valores do fluxo de caixa sejam mais aproximados da realidade, vamos adotar os valores de faturamento, em cada um dos sete anos avaliados, como sendo crescente, começando com um faturamento de 50% no primeiro ano após a carência, e assim por diante até chegar a 100%. Dentro dos custos operacionais da Tabela 66 estão contidas as prestações do financiamento.

Tabela 66 - Fluxo de caixa para o período de 7 anos.

	1º ano	2º ano (50%)	3º ano (65%)	4º ano (75%)
<b>Investimento</b>	29.184.881,60			
<b>Faturamento</b>	-	195.812.643,03	254.556.435,93	293.718.964,54
<b>Custo materia prima e frete compra</b>	-	61.132.402,49	79.472.123,23	95.417.160,00
<b>Despesa operacional</b>	6.717.459,24	94.947.785,55	93.282.039,63	101.277.673,3
<b>Despesa com vendas/logística</b>	-	2.867.865,00	2.867.865,00	2.867.865,00
<b>Depreciação</b>	-	2.415.901,74	2.415.901,74	2.415.901,74
<b>Impostos (somatório dos abaixo)</b>	-	50.098.664,72	65.128.264,13	75.147.997,08
<b>ICMS</b>	-	35.246.275,74	45.820.158,47	52.869.413,62
<b>PIS e COFINS</b>	-	14.852.388,97	19.308.105,67	22.278.583,46
<b>Lucro líquido (EBITDA)</b>	-	-15.649.976,47	11.390.242,20	16.592.367,39
<b>IRPJ</b>	-	-	2.847.560,55	4.148.091,85
<b>EBIT</b>	-35.902.340,84	-15.649.976,47	8.542.681,65	12.444.275,54

	5º ano (80%)	6º ano (90%)	7º ano (100%)
<b>Investimento</b>			
<b>Faturamento</b>	332.881.493,14	352.462.757,45	391.625.286,05
<b>Custo materia prima e frete compra</b>	108.139.448,00	114.500.592,00	127.222.880,00
<b>Despesa operacional</b>	89.950.547,68	72.023.754,39	72.023.754,39
<b>Despesa com vendas/logística</b>	2.867.865,00	2.867.865,00	2.867.865,00
<b>Depreciação</b>	2.415.901,74	2.415.901,74	2.415.901,74
<b>Impostos (somatório dos abaixo)</b>	85.167.730,02	90.177.596,49	100.197.329,44
<b>ICMS</b>	59.918.668,77	63.443.296,34	70.492.551,49
<b>PIS e COFINS</b>	25.249.061,26	26.734.300,15	29.704.777,95
<b>Lucro líquido (EBITDA)</b>	44.340.000,70	70.477.047,82	86.897.555,49
<b>IRPJ</b>	11.085.000,18	17.619.261,96	21.724.388,87
<b>EBIT</b>	33.255.000,53	52.857.785,87	65.173.166,61

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

### 10.15 PAYBACK

A análise do *payback* tem por objetivo demonstrar o número de anos que se fazem necessários para zerar o fluxo de caixa negativo. Nesse cenário, observamos que pelo alto nível do investimento do projeto, temos uma curva negativa durante os primeiros 4 anos, atingindo o nível mais crítico, no segundo ano e a partir daí, com um saldo positivo inicia-se a neutralização do saldo negativo. Mantendo um ritmo de faturamento e despesas a partir do

quinto ano, conseguimos observar um retorno sobre o investimento (ROI). Esses resultados podem encontrar-se na Tabela 67 e no Gráfico 6.

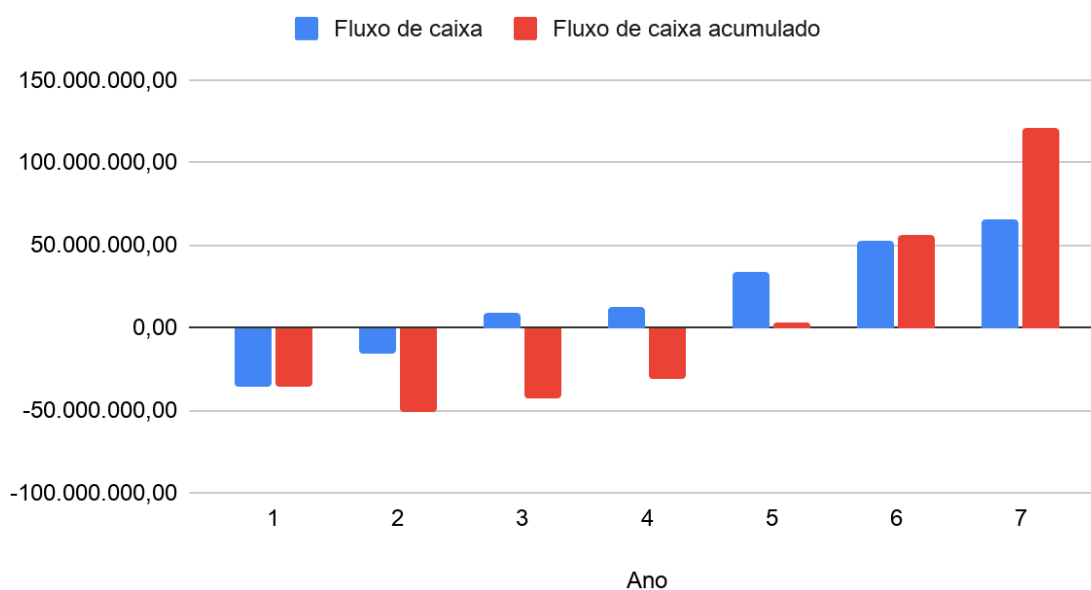
Tabela 67 - Fluxo de caixa acumulado

Ano	Fluxo de caixa	Fluxo de caixa acumulado
1	-35.902.340,84	-35.902.340,84
2	-15.649.976,47	-51.552.317,30
3	8.542.681,65	-43.009.635,65
4	12.444.275,54	-30.565.360,11
5	33.255.000,53	2.689.640,42
6	52.857.785,87	55.547.426,29
7	65.173.166,61	120.720.592,90

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

Gráfico 6 - Fluxo de caixa acumulado

### Fluxo de caixa e Fluxo de caixa acumulado



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

Verifica-se a viabilidade do investimento através das análises da DRE, que foi calculada para 7 anos e que demonstrou lucro a partir do quinto ano. O fluxo de caixa inicia o período com saldo de caixa negativo, mas apresenta melhora a partir do quarto ano. O índice de rentabilidade ficou com uma taxa média de 18,14% ao ano e a lucratividade do projeto ficou em 24,19%, demonstrando que o projeto é viável. A TIR obteve um índice de 14%, o que comparado com a TMA que foi de 2% demonstra a viabilidade do projeto. O retorno do projeto será em 5 anos pelo método payback simples.

Neste sentido, conclui-se, que o investimento da implantação de uma empresa para o processamento de *Whey Protein Isolado* e do *Whey Protein Concentrado* é viável e rentável.

## 11 CONCLUSÃO

A partir das informações apresentadas pelo presente trabalho foi possível observar o mercado promissor para suplementos alimentares e o volume de dinheiro movimentado pela indústria deste setor, consolidando a ideia de que *Whey Protein* é um produto com alta demanda e possibilidade de competição frente aos concorrentes. Através da utilização do soro de leite como matéria prima, a MOLOTEK poderá conciliar o aproveitamento adequado do descarte, colaborando na preservação do meio ambiente e na produção de um produto com alta qualidade e valor agregado.

A escolha pelo desenvolvimento de dois produtos dentro dessa indústria se deu pelo fato de ser mais lucrativo produzir os dois do que apenas um. Otimizando assim, o alto investimento em equipamentos para produção do *Whey Protein Isolado* e do *Whey Protein Concentrado*, pois a aquisição dos equipamentos torna-se mais viável na compra para os dois processos do que apenas para um, visando que existe uma demanda diferenciada para os dois produtos.

A escolha ousada de uma grande vazão dificultou a execução do projeto, tornando-o mais desafiador e ao mesmo tempo muito agregador, pois foi possível vivenciar na prática as dificuldades encontradas ao se projetar um processo em condições reais, podendo aplicar assim, todos os conhecimentos trabalhados por nossos professores ao longo da graduação. Mesmo com essa enorme vazão trabalhada, é importante ressaltar que utilizamos apenas 5% do montante total de soro de leite produzido anualmente no Brasil, o que demonstra que há possibilidade de outros estudos na utilização deste subproduto.

A todos esses pontos soma-se a análise financeira do projeto, onde pode-se constatar que a diferenciação de processos industriais permite agregar um valor e manter um produto premium que possibilita uma maior margem bruta, conseqüentemente o nível de preço praticado nos demonstra a real efetividade econômica deste projeto. Conforme o *payback* apresentado, em 5 anos teremos o retorno sobre o investimento, ainda que o mesmo em seu processo inicial pareça elevado, o que corrobora para confirmar a viabilidade econômica do projeto.



## 12 REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução nº105**, de 19 de maio de 1999. Brasil.

\_\_\_\_\_. **Resolução nº23**, de 15 de março de 2000. Brasil.

\_\_\_\_\_. **Resolução nº12**, de 2 de janeiro de 2001. Brasil.

\_\_\_\_\_. **Resolução nº18**, de 27 de abril de 2001. Brasil.

\_\_\_\_\_. **Consulta Pública nº 80**, de 13 de dezembro de 2004. Brasil.

\_\_\_\_\_. **Resolução nº05**, de 15 de janeiro de 2007. Brasil.

\_\_\_\_\_. **Resolução nº27**, de 06 de agosto de 2010. Brasil.

AGORAMS. Jornal. **O Brasil é o terceiro maior mercado de suplementos alimentares do mundo**. 2018. Disponível em: <https://www.agorams.com.br/>. Acesso em: 24 maio 2020.

ALICEWEB. **Importações de soro de leite, modificado ou não, mesmo concentrado, adoc**. 2015.

ALVES, et al **Soro de leite: tecnologias para o processamento de coprodutos**. Juiz de Fora: Rev. Inst. Laticínios Cândido Tostes, 2014.

ATRA, R; VATAI, G; BEKASSY-MOLINAR, E.; BALINT, A. **Investigation of ultra and nanofiltration for utilization of whey protein and lactose**. Journal of Food Engineering, 2004.

BALDASSO, C. **Fracionamento dos Compostos de Soro de Leite através da Tecnologia de Separação por Membrana** (Tese de Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Química, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química. Porto Alegre, 2011.

BOSCHI, J. R. **Concentração e Purificação das Proteínas do Soro de Queijo por Ultrafiltração**. 119 p. Dissertação de mestrado (Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2006.

CORREIA, L. MATHEUS, L das NEVES. LINDORIO, R, B. NETO, V, C. TIMM, V, B. **Estudo da viabilidade técnico-econômica para implantação de uma indústria de whey protein isolado**. 285 pg. Projeto de pesquisa apresentado à disciplina de Projeto em Engenharia Química para obtenção de Bacharel em Engenharia Química - UNISUL. Tubarão, 2019.

CORTEZ, N. M. S. **Diagnóstico da produção do soro de queijo no estado do Rio de Janeiro**. 2013. 96 f. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) - Universidade Federal Fluminense, Niterói-RJ. 2013.

DE FATO. **2019 de sucesso: setor de suplementos estima crescer 11% no ano**. 2019. Disponível em: <https://defatoonline.com.br/2019-de-sucesso-setor-de-suplementos-estima-crescer-11-no-ano/>. Acesso em: 24 maio 2020.

HARAGUCHI, Fabiano Kenji; ABREU, Wilson César de; PAULA, Heberth de. **Proteínas do soro do leite: composição, propriedades nutricionais, aplicações no esporte e benefícios para a saúde humana**. *Revista de Nutrição*, Campinas, v. 4, n. 19, p. 479-488, jul. 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rn/v19n4/a07v19n4.pdf>. Acesso em: 24 maio 2020.

GIORDANO, G. **Tratamento e controle de efluentes industriais**. Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente da Universidade Estadual do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2004.

GROWTH SUPPLEMENTS. **Para que serve o Whey Protein?** Disponível em: <https://www.gsuplementos.com.br/>. Acesso em: 28 mar. 2020.

GRANDISON, A.S.; LEWIS, M.J. **Separation Processes in the Food and Biotechnology Industries**. Woodhead Publishing, 1996.

HENARES, J. F. **Caracterização do efluente de laticínio: análise e proposta de tratamento**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Campo Mourão. Campo Mourão, 2015.

HOMEM, Gerson Ribeiro, D.S., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2004. **Avaliação técnico-econômica e análise locacional de unidade processadora de soro de queijo em Minas Gerais**. Orientador: Carlos Arthur Barbosa da Silva. Conselheiros: José Carlos Gomes e Mauro Mansur Furtado.

INMETRO. **Relatório final sobre a análise em suplementos proteicos para atletas – Whey Protein**. Disponível em [http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/Relatorio\\_Whey\\_Final.pdf](http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/Relatorio_Whey_Final.pdf). Acesso em: 18 maio. 2020.

JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 6. Edição, Rio de Janeiro: ABES, 2011.

KORETSKY, M. D. **Termodinâmica para Engenharia Química**. LTC. 2007.

LENCASTRE, Kedma Grasielle S. da Silva. **Mapeamento da Produção de Soro de Queijo no Estado do Rio de Janeiro: Potencial para a produção de etanol**. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Rio de Janeiro, 2012.

MAGALHÃES, K. T. et al. **Comparative study of the biochemical changes and volatile compound formations during the production of novel whey-based kefir beverages and traditional milk kefir.** Food Chemistry, v. 126, n. 1, p. 249-253, 2011.

MILLER, G.D.; JARVIS, J.K.; McBEAN, L.D. **Handbook of Dairy Products and Nutrition**, 2ª Ed., CRC Press LLC, Illinois, 2000.

MACINTYRE, A. J. **Instalações Hidráulicas - Prediais e Industriais** . 4. ed. -[Reimpr.]. - Rio de Janeiro: LTC, 2017.

MATTHEWS, M. E. **Whey Protein Recovery Process and Products.** Journal of Dairy Science, 1994.

MIZUBUTI, I. Y. **Soro de Leite: Composição, Processamento e Utilização na Alimentação.** Semana de Ciências Agrárias, 1994.

OLIVEIRA, Walciney José das Chagas de. **Otimização da rede logística de soro de leite nas mesorregiões Zona da Mata e Campo das Vertentes do Estado de Minas Gerais.** 2017. 80p Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola e Ambiental). Instituto de Tecnologia, Departamento de Engenharia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2017.

ORDÓÑEZ, J. A.; RODRÍGUEZ, M. I. C.; ÁLVAREZ, L. F.; SANZ, M. L. G.; MINGUILLÓN, G. D. G. F.; PERALES, L. H.; CORTECERO, M. D. S. **Tecnología de Alimentos: Alimentos de Origen Animal.** v. 2. Porto Alegre, RS: Artmed, 2005.

OSTERWALDER, A; PIGNEUR, Y. **Business Model Generation - Inovação em Modelos de Negócios: um manual para visionários, inovadores e revolucionários.** Rio de Janeiro, RJ : Alta Books, 2011.

PEROBELLI, Fernando Salgueiro; ARAUJO JUNIOR, Inácio Fernandes de; CASTRO, Lucas Siqueira de. **As dimensões espaciais da cadeia produtiva do leite em Minas Gerais.** Nova econ., Belo Horizonte , v. 28, n. 1, p. 297-337, abr. 2018 . Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-63512018000100297&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-63512018000100297&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em 01 ago. 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-6351/4789>.

PORTAL LÁCTEO: Canal de Notícias. Disponível em: <<http://www.portalacteo.com.br/noticias/producao-no-pais-cresceu-menos-em-2015-48856/>> Acesso em 12 jun. 2020.

PORTAL N10: **Com crescimento de 7,2%, mercado de Whey Protein deve chegar a R\$ 40,9bi em 2021**, disponível em: <<https://oportaln10.com.br/com-crescimento-de-72-mercado-de-whey-protein-deve-chegar-a-r-409-bi-em-2021-diz-pesquisa-80539/>> . Acesso em 24 maio.2020.

REGHELIM, M; RIGHI, Eléia. **Alternativa para o Soro de Queijo.** 6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente. Bento Gonçalves - RS, Brasil, 10 -12 de Abril de 2018.

SANTOS, J. SANTANA, M. SANTOS, N. **Produção de proteína concentrada e lactase utilizando soro de leite**. 161 pg. Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Química, da UFSM para obtenção de título de Engenheiro Químico. Santa Maria, 2016.

SILVA, A. N. **Modelagem, simulação e análise técnico-financeira de uma unidade de processamento de soro de leite para produção integrada de concentrado proteico, lactose e etanol**. Dissertação de Magister Scientiae – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

TERADA, L. C.; GODOI, M. R. DE; SILVA, T. C. V.; MONTEIRO, T. L. **Efeitos metabólicos da suplementação do Whey Protein em praticantes de exercícios com pesos**. RBNE - Revista Brasileira de Nutrição Esportiva, v. 3, n. 16, 11 jan. 2012. Disponível em: <<http://www.rbne.com.br/index.php/rbne/article/view/127>>. Acesso em 24 de maio de 2020.

UNITED STATES DAIRY EXPORT COUNCIL (USDEC). **Dairy Ingredients Application Library – WPC & WPI**. Disponível em: <<http://www.usdec.org/Library/DIAL.cfm>>. Acesso em: 24 maio. 2020.

WALSTRA, P. et al. **Dairy science and technology**. New York: Taylor & Francis Group, 2006. 768 p.

YADA, R.Y. **Protein in Food Processing**. England: Woodhead Publishing, 2004.

OLIVEIRA, Gisley da Silva de. et al. **MDLGV – Industry Ltd: Whey Protein's Productive Process**. 2018. 204 p. Term Paper (Bachelor's Degree in Chemical Engineering) – Parana Federal Technological University. Apucarana, 2018.

SIAMIG - **Combustíveis em Uberaba são mais caros que em Uberlândia**. 2020. Disponível em: <http://www.siamig.com.br/>. Acesso em: 06 dez. 2020.

GUIA DO TRC. **Qual a velocidade ideal dos caminhões**. 2013. Disponível em: <http://www.guiadotrc.com.br/>. Acesso em: 06 dez. 2020.

JARDINOX . **Tanques Isotérmicos Rodoviários Novos**. Disponível em: <http://jardinox.com.br/>. Acesso em: 02 jan. 2021.

PORTAL NACIONAL DE LICENCIAMENTO AMBIENTAL. **Etapas do Licenciamento**. Disponível em: <http://pnla.mma.gov.br/etapas-do-licenciamento>. Acesso em 11 ago.2020.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (FEAM). **Licenciamento**. Disponível em:[http://www.feam.br/index.php?option=com\\_content&task=view&id=75&Itemid=98](http://www.feam.br/index.php?option=com_content&task=view&id=75&Itemid=98). Acesso em 11 ago.2020.

HENG CHENG. **Spray Dryer Equipment Cost**. Disponível em:

<https://www.hc-dryerequipment.com/Products/DryerEquipment/spraydryerequipment/125046.php>. Acesso em 20 jan. 2021.

CETRO. **Dosadora automática para pó FLG1000**. Disponível em:

[https://www.cetroloja.com.br/dosadora-automatica-para-po-flg1000?utm\\_source=Site&utm\\_medium=GoogleMerchant&utm\\_campaign=GoogleMerchant&gclid=CjwKCAiAxp-ABhALEiwAXm6lyUYDjw5hWeTQRu-n0Gkh6CgOUh59qTeSHNPo1azQjNTu-K14oA995xoClxEQAvD\\_BwE](https://www.cetroloja.com.br/dosadora-automatica-para-po-flg1000?utm_source=Site&utm_medium=GoogleMerchant&utm_campaign=GoogleMerchant&gclid=CjwKCAiAxp-ABhALEiwAXm6lyUYDjw5hWeTQRu-n0Gkh6CgOUh59qTeSHNPo1azQjNTu-K14oA995xoClxEQAvD_BwE). Acesso em 20 jan. 2021.

ALIBABA.COM. **Embalagem de suplemento de proteína em pó de PEAD**. Disponível em: [https://portuguese.alibaba.com/product-detail/hdpe-silver-chromed-protein-powder-supplement-packaging-bottle-1600176813758.html?spm=a2700.7735675.normal\\_offer.d\\_image.2c8d3298wWQdBy&s=p](https://portuguese.alibaba.com/product-detail/hdpe-silver-chromed-protein-powder-supplement-packaging-bottle-1600176813758.html?spm=a2700.7735675.normal_offer.d_image.2c8d3298wWQdBy&s=p). Acesso em 20 jan. 2021.

TELHA NORTE BLOG. **Quantidade de lâmpada por m<sup>2</sup>: saiba calcular**. Disponível em: <https://blog.telhanorte.com.br/quantidade-lampada-m2/>. Acesso em 22 jan. 2021.

FEPAM: LICENCIAMENTO AMBIENTAL. **Tabela de Custos**. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/licenciamento/area4/14.asp>. Acesso em 22 jan. 2021.

PETER, M. S.; TIMMERHAUS, K.D. **Plant Design and Economics For Chemical Engineers**. Fourth Edition, 1991, Singapore.

GENÔ REFEIÇÕES. **Marmitex pequeno**. Disponível em: <https://geno-refeicoes.negocio.site>. Acesso em 22 jan. 2021.

GROWTH SUPPLEMENTS. **Quem somos?** Disponível em: <https://www.gsuplementos.com.br/growth-supplements-quem-somos/>. Acesso em 12 nov. 2020.

INTEGRALMÉDICA. **Nossa História**. Disponível em: <https://www.integralmedica.com.br/institucional/sobre>. Acesso em 12 nov. 2020.

MIDWAY LABS. **Quem somos nós**. Disponível em: <https://br.midwaylabsusa.com/a-midway/quem-somos-nos>. Acesso em 12 nov. 2020.

MAX TITANIUM. **Sobre nós**. Disponível em: <https://www.loja.maxtitanium.com.br/pagina/sobre-nos.html>. Acesso em 12 nov. 2020.

PROBIÓTICA SUPLEMENTOS. **A Probiótica**. Disponível em: <https://probiotica.com.br/a-probiotica/>. Acesso em 12 nov. 2020.

POLENGHI. **Nossa história e cultura**. Disponível em: <https://www.polenghi.com.br/institucional/nossa-historia-e-cultura>. Acesso em 12 nov. 2020.

ITALAC. **Sobre a Italac**. Disponível em: <https://www.italac.com.br/sobre-a-italac/>. Acesso em 12 nov. 2020.

NESTLÉ. **A Nestlé**. Disponível em: <https://www.nestle.com.br/a-nestle>. Acesso em 12 nov. 2020.

PIRACANJUBA. **A Piracanjuba**. Disponível em: <https://piracanjuba.com.br/institucional/piracanjuba>. Acesso em 12 nov. 2020.

COOPERATIVA AGROPECUÁRIA LTDA UBERLÂNDIA (CALU). **História**. Disponível em: <http://www.calu.com.br/index.php>. Acesso em 12 nov. 2020.

ITAMBÉ. **Nossa história**. Disponível em: <https://www.itambe.com.br/portal/sobre>. Acesso em 12 nov. 2020.

TOURINHO - LEITE E DERIVADOS LTDA. Disponível em: <https://www.tourinhoalimentos.com.br/>. Acesso em 12 nov. 2020.

DME. **Tarifas e Taxas (Resolução Homologatória nº 2.797 de 17/11/2020 - Vigência a partir de 22/11/2020)**. Disponível em: <http://www.dme-pc.com.br/atendimento/tarifas>. Acesso em 23 jan.2021.

BROM, Luiz G.; BALIAN, José E. A. **Análise de investimentos e capital de giro: conceitos e aplicações**. São Paulo: Saraiva, 2007.

RUEDIGER, R. **Uso racional do vapor na indústria**. Disponível em: <https://fiesc.com.br/sites/default/files/inline-files/PALESTRA%20BERMO.pdf>. Acesso em: 23 jan. 2021.

## APÊNDICE

### APÊNDICE A - MEMORIAL DO PROJETO DE INSTALAÇÕES

#### A.1 INSTALAÇÕES DE ÁGUA FRIA

O dimensionamento das tubulações de água fria e quente foi realizado, a partir do comprimento dos trechos e das vazões de demanda dos trechos. O sistema de distribuição de tubulação foi dividido em trechos, com os respectivos comprimentos, vazão, área e diâmetro.

O consumo de cada trecho em m<sup>3</sup>/h, representa a demanda que existe em cada parte, que é o somatório de todas as vazões volumétricas envolvidas naquele trecho. A área (A) de cada trecho em m<sup>2</sup> foi calculada pela equação 1.A, onde a vazão volumétrica (Q) e considerando uma velocidade de escoamento (v) como sendo 2 m/s a velocidade recomendada para água fria e quente (MACINTYRE, 2017). Assim é obtido o diâmetro pelo área do trecho que está representada na equação 1.1A. Na Tabela 68 está descrita a demanda de água fria.

$$A = \frac{Q}{v} \quad \text{Equação 1A}$$

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \quad \text{Equação 1.1A}$$

Tabela 68 - Demanda de água fria

Trechos	Locais	Equipamentos	Demanda (m <sup>3</sup> /h)
A9 A10	Vestiários e banheiros	Chuveiros	0,16
		Lavatórios	0,14
		Sanitários	0,06
A12	Refeitório	Lava-louça	0,18
		Caldeirão industrial	0,01
		Uso geral	0,02
A11	Lavanderia	Lavador de roupas	0,20
A8	Laboratório	Uso geral	0,10
A11			

A12 A13 A14		CIP	7,50
A4	Tanque 6	Processo	1,76
A3	Tanque 7	Processo	0,18

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021).

Com os trechos e as demandas foi calculada a área e o diâmetro da tubulação como mostrado na Tabela 69.

Tabela 69 - Dimensionamento das tubulações de água fria.

Trecho	Comprimento (m)	Vazão (m <sup>3</sup> /h)	Área (m <sup>2</sup> )	D (m)
A1	5,8	0,04	0,00000555556	0,001501
A2	34	7,5	0,00104166667	0,020557
A3	54,3	14,4	0,00200000000	0,028485
A4	52,9	7,2	0,00100000000	0,020142
A5	57,5	3,6	0,00050000000	0,014242
A6	11,9	1,76	0,00024444444	0,009958
A7	8,06	0,18	0,00002500000	0,003185
A8	7,8	0,54	0,00007500000	0,005516
A9	4,1	0,36	0,00005000000	0,004504
A10	4,1	0,36	0,00005000000	0,004504
A11	7,9	0,2	0,00002777778	0,003357
A12	10,8	0,2	0,00002777778	0,003357

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021).



A escolha das bitolas das tubulações de água fria foi feita com base no Anexo A.

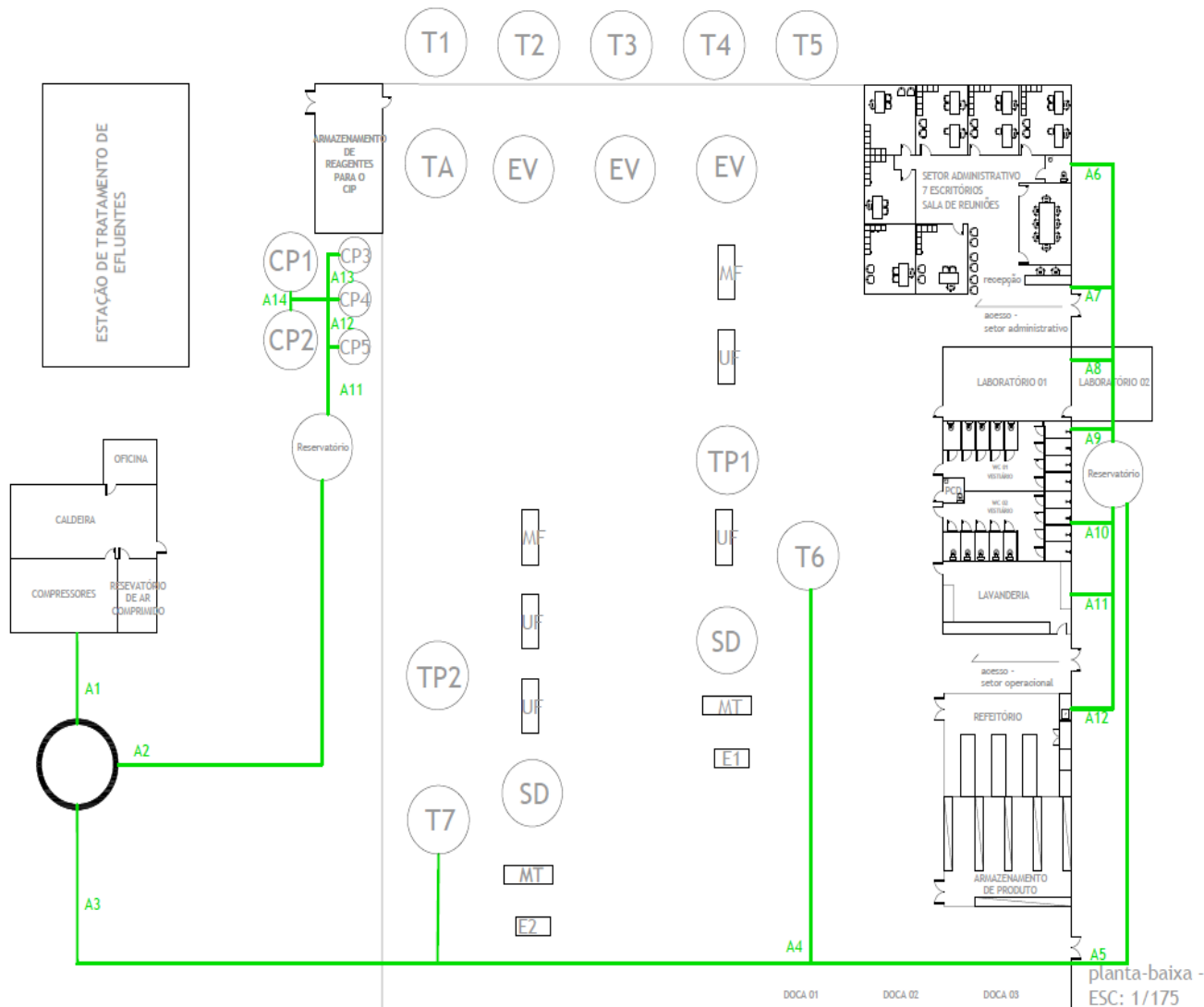
Tabela 70 - Definição da bitola para tubulações de água fria.

Trecho	Comprimento (m)	Diâmetro (pol)	Bitola escolhida (pol)
A1	5,8	0,059106	¼
A2	34	0,80934	1
A3	54,3	1,121455	1 <sup>1/2</sup>
A4	52,9	0,792988	1
A5	57,5	0,560728	1
A6	11,9	0,392064	½
A7	8,06	0,125382	⅛
A8	7,8	0,217169	¼
A9	4,1	0,177318	⅛
A10	4,1	0,177318	⅛
A11	7,9	0,132165	¾
A12	10,8	0,132165	¾

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021).

Na Figura 42 observa-se o fluxograma da Planta baixa das instalações de água fria.

Figura 42 - Planta baixa das instalações de água fria.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021).

## A.2 INSTALAÇÃO DE ÁGUA QUENTE

O dimensionamento do sistema de tubulação de água quente foi realizado com o mesmo procedimento de instalação para água fria, porém considerando somente onde existe consumo de água quente, como no refeitório, laboratórios, banheiros (chuveiros),

lavanderia, na Tabela 71 se encontra o dimensionamento da tubulação de água quente. Na Tabela 72 mostra-se o dimensionamento das tubulações de água quente.

Tabela 71 - Demanda de água quente.

Trecho	Instalação	Vazão(m <sup>3</sup> /h)
A4 A5	Chuveiro	0,078
A3	Lavanderia	0,0033
A2	Refeitório	0,0033
A1	Caldeira	4,38
	CIP	0,1625

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021).

Tabela 72 - Dimensionamento das tubulações de água quente.

Trecho	Comprimento(m)	Vazão (m/h)	Área (m <sup>2</sup> )	Diâmetro (m)
A1	103,4	4,38	0,000608333	0,01571
A2	10,8	0,5	0,000069444	0,005308
A3	4,1	0,5	0,000069444	0,005308
A4	6,2	1,6	0,000222222	0,009495
A5	3,3	1,6	0,000222222	0,009495
A6	6,5	0,18	0,000025000	0,003185

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021).

Na seleção de bitolas utilizou-se o diâmetro obtido para as tubulações. A partir das bitolas disponíveis comercialmente escolheu-se o tamanho da bitola e a quantidade de tubos presentes nos feixes.

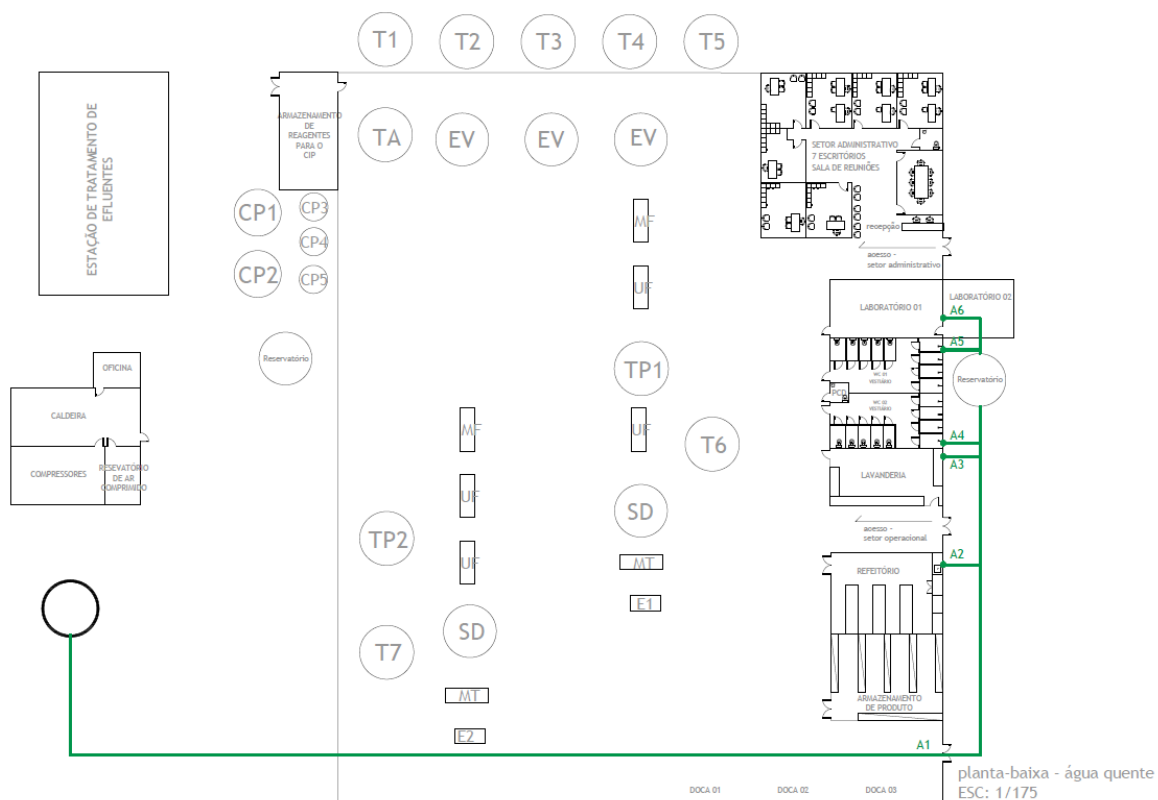
Tabela 73- Definição de bitola para tubulações de água quente.

Trecho	Comprimento (m)	D (pol)	Bitola escolhida (pol)	Quantidade de tubos
A1	103,4	0,618497	1	1
A2	10,8	0,208971	1/4	1
A3	4,1	0,208971	1/4	1
A4	6,2	0,373818	1/2	1
A5	3,3	0,373818	1/2	1
A6	6,5	0,125382	1/8	1

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021).

Na Figura 43 mostra-se o fluxograma da Planta baixa das instalações de água quente.

Figura 43 - Planta baixa das instalações de água quente.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021).

### A.3 INSTALAÇÃO DE VAPOR

Os trechos do dimensionamento das tubulações de vapor foram realizados conforme a demanda de cada trecho e o comprimento do mesmo. O procedimento de cálculo para encontrar a área foi o mesmo do realizado anteriormente, porém para a determinação do diâmetro foi utilizado a equação 1.2A.

$$D = \sqrt{\frac{F \cdot \gamma}{0,283 \cdot v}} \quad \text{Equação 1.2 A}$$

Onde D é o diâmetro em metros, F é a vazão em massa de vapor em kg/s,  $\gamma$  é o volume específico do vapor na pressão de operação ( $\text{m}^3/\text{kg}$ ) e v é a velocidade de escoamento em m/s. Para o comprimento equivalente ( $L_{eq}$ ) foi utilizado 25% considerando perdas em acessórios. Na tabela 74 tem-se o comprimento, vazão, aérea e diâmetro das tubulações de vapor, na Tabela 75 tem -se o dimensionamento da tubulação de vapor e na Figura 43 observa-se o fluxograma da Planta baixa das instalações de vapor.

Tabela 74 - Trechos e vazões dos equipamentos que demandam vapor.

Trechos	Local	Equipamento	Vazão (kg/h)
V9	Lavanderia	Lavadora Secadora Calandra	55 120 40
V8	Cozinha/Refeitório	Lava-louças Caldeirão industrial Uso geral	100 36 13,60
V2 V3 V4 V5 V7 V6	Processo	Evaporador Spray dryer	58318,75 423,200

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021).

Tabela 75 - Dimensionamento da tubulação de vapor.

Trecho	Comprimento (m)	Leq (m)	Vazão (kg/h)	Diâmetro (m)
V1	18,2	22,75	117243	1,032297
V2	2 0,6	25,75	58318,75	0,728057
V3	10,4	13	58318,75	0,728057
V4	8,9	11,125	58318,75	0,728057
V5	8,9	11,125	58318,75	0,728057
V6	33,9	42,375	423,2	0,06202
V7	25,4	31,75	423,2	0,06202
V8	63,2	79	149,6	0,036875
V9	12,3	15,375	215	0,044206

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021).

Com base no diâmetro obtido para as tubulações de vapor, foi definida qual a bitola disponível comercialmente seria utilizada. Devido ao grande diâmetro dos tubos, que não se encontram padronizados comercialmente, foi definido a utilização de feixe de tubos, e assim definido quantos tubos estariam presentes nos feixes.

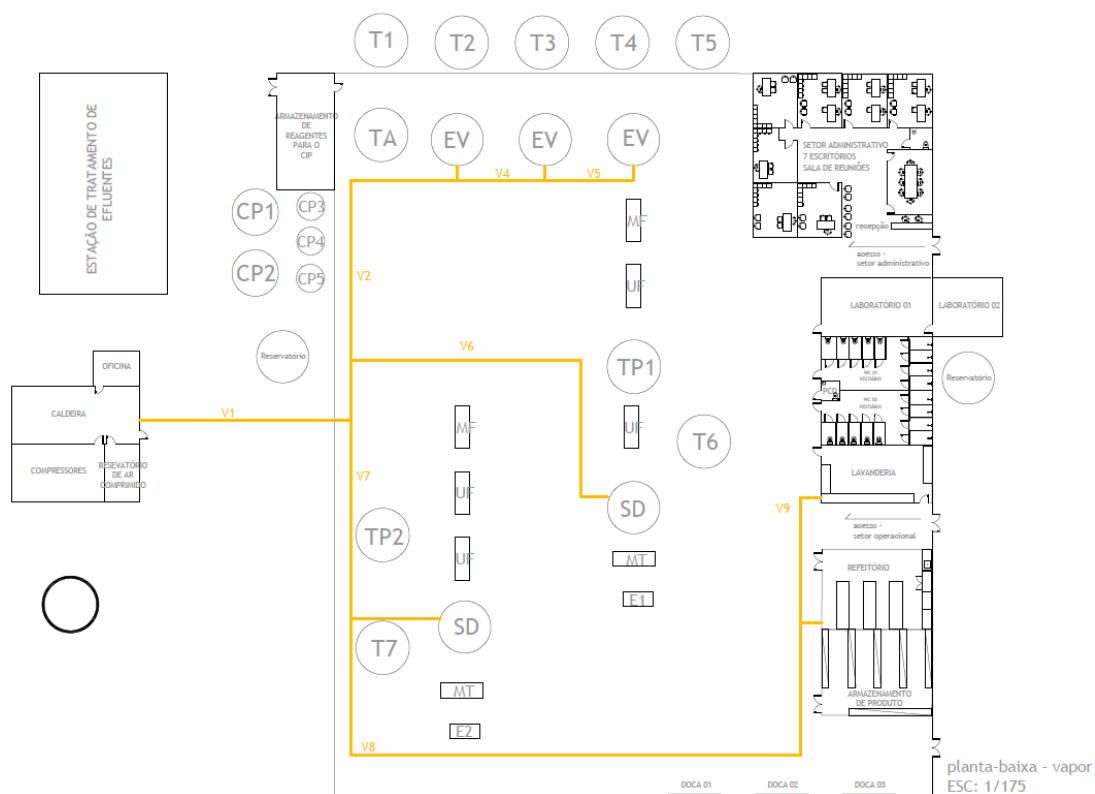
Tabela 76 - Escolha da bitola e da quantidade de tubos da tubulação de vapor.

Trecho	Comprimento (m)	D (pol)	Bitola escolhida (pol)	Quantidade de tubos
V1	18,2	40,6416	20	2
V2	20,6	28,66364	14	2
V3	10,4	28,66364	14	2
V4	8,9	28,66364	14	2
V5	8,9	28,66364	14	2
V6	33,9	2,441744	2 <sup>1/2</sup>	1

V7	25,4	2,441744	2 <sup>1/2</sup>	1
V8	63,2	1,451754	1 <sup>1/2</sup>	1
V9	12,3	1,74039	2	1

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021).

Figura 44 - Planta baixa das instalações de vapor.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021).

#### A.4 INSTALAÇÕES DE AR COMPRIMIDO

Os equipamentos que necessitam de fornecimento de ar comprimido estão indicados na Tabela 77.

Tabela 77 - Demanda de ar comprimido.

Equipamento	Pressão (kgf/cm <sup>2</sup> )	Vazão (m <sup>3</sup> /h)	Fator de utilização
Evaporador	7	15	1
<i>Spray dryer</i>	7	15	2

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021).

As perdas por vazamento podem ser reduzidas em menos de 5% da capacidade total. Foi considerada uma velocidade de 8 m/s e perda de 1,5%, assim representando 6,5% de perdas totais (MACINTYRE, 2017).

### **Sistema *Air lift***

O dimensionamento do sistema de (*Air lift*), buscou de acordo com as referências uma submersão (S) de 65% (MACINTYRE, 2017). Com este valor é possível obter a altura geométrica total de elevação (Hg) como 53,0 m (Anexo J). A equação abaixo descreve a relação da porcentagem de submersão com a altura geométrica total de elevação e a submersão dinâmica do ponto de descarga do ar (Hs).

$$S = 100 \cdot \frac{H_s}{(H_s + H_a)} \quad \text{Equação 1.3 A}$$

A submersão dinâmica do ponto de descarga do ar (H<sub>s</sub>) foi encontrada sendo de aproximadamente 90,5 m. O fato de consumo de ar (f) utilizou a equação 1.4A, com o auxílio da Tabela do Anexo K, onde C é um parâmetro da mesma, considerando que o tubo de ar seja externo.

$$f = \frac{H_g}{14,18 \log\left(\frac{H_s + 10,3}{10,37}\right)} \quad \text{Equação 1.4 A}$$

O fator de consumo obtido foi de 3,6. Com isso, para a determinação da vazão de ar comprimido para o bombeamento da vazão de água, foi calculado pela vazão de água que se somadas todas as vazões dos trechos, temos 86,77 m<sup>3</sup>/h. Assim, multiplicando o fator pela vazão, tem-se a demanda de 312,372 m<sup>3</sup>/h de ar comprimido pelo sistema de *Air lift*. Como existem perdas ao longo das tubulações, são acrescentados 6,5%, obtendo uma vazão de 332,686 m<sup>3</sup>/h de ar comprimido. Foi considerado que para o dimensionamento da tubulação, a perda de carga máxima para todas as tubulações deveria ser de 0,0002 kgf/cm<sup>2</sup>, com comprimento equivalente 25% maior. A determinação do diâmetro interno das tubulações de ar comprimido foi definido a partir da equação 1.5A e está na Tabela 1.5 A.

$$D = 14,56 \cdot \left(\frac{F}{R \cdot V}\right)^{1/2} \quad \text{Equação 1.5 A}$$

Onde d é o diâmetro interno da tubulação em cm, F é a vazão de ar em m<sup>3</sup>/min, R é uma relação de compressão entre pressão do compressor e pressão atmosférica (para fins de



cálculo foi considerado  $R = 8$ ) e  $V$  é a velocidade de 8 m/s. A Tabela 78 apresenta os resultados para o comprimento equivalente ( $L_{eq}$ ) e o diâmetro interno nos trechos de tubulação de ar comprimido. Com base no diâmetro obtido nas tubulações, foi definida a bitola disponível comercialmente na Tabela 79.

Tabela 78 - Dimensionamento da instalação de ar comprimido.

Trecho	Comprimento (m)	$L_{eq}$ (m)	Vazão( $m^3/min$ )	Diâmetro interno (cm)
AC1	10,9	13,625	3,806667	27,71253
AC2	52,5	65,625	3,806667	27,71253
AC3	4	5	1,445	10,5196
AC4	6	7,5	1,445	10,5196
AC5	1,5	1,875	0,116667	0,849336
AC6	9,2	11,5	0,35	2,548
AC7	9	11,25	0,116667	0,849336
AC8	10,8	13,5	0,116667	0,849336
AC9	11	13,75	0,166667	1,213336
AC10	13,6	17	0,05	0,364

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021).

Tabela 79 - Escolha da bitola da instalação de ar comprimido.

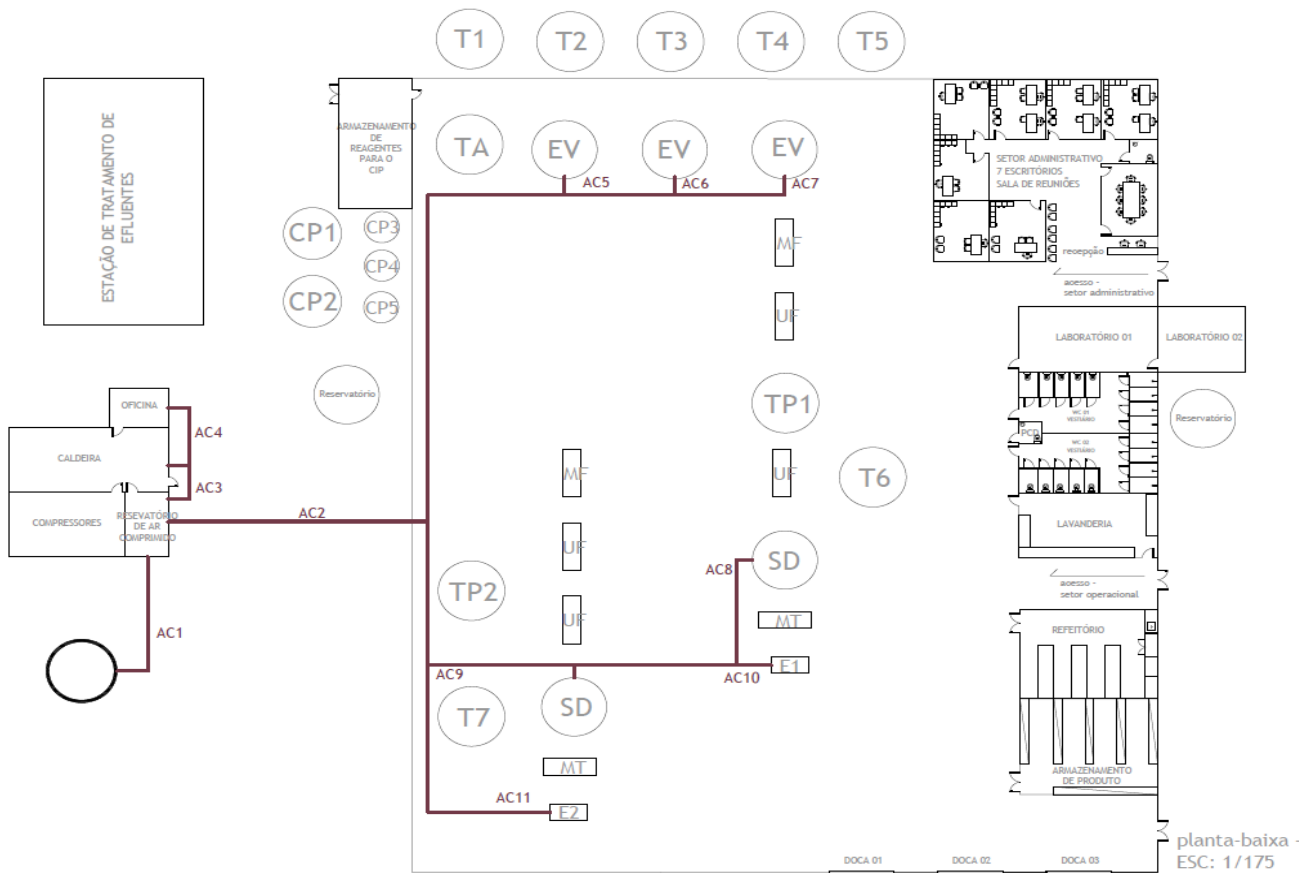
Trecho	Comprimento (m)	D (pol)	Bitola escolhida (pol)
AC1	10,9	10,91045	12
AC2	52,5	10,91045	12

AC3	4	4,141577	6
AC4	6	4,141577	6
AC5	1,5	0,334384	1/2
AC6	9,2	1,00315	1
AC7	9	0,334384	1/2
AC8	10,8	0,334384	1/2
AC9	11	0,477692	1/2
AC10	13,6	0,143307	1/2

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021).

Na Figura 45 tem-se o fluxograma da planta baixa das instalações de ar comprimido.

Figura 45 - Planta baixa das instalações de ar comprimido.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021).

## A.5 INSTALAÇÕES CIP

Para a determinação da vazão de CIP, foi considerada uma vazão média do processo. É utilizado o mesmo procedimento de cálculo para as instalações de água fria e tubulações do processo. Na Tabela 80 está o dimensionamento dos trechos das instalações CIP e na Figura 45 apresenta-se o fluxograma da Planta baixa das instalações de CIP. Na Tabela 81 tem-se os diâmetros comerciais das bitolas escolhidas.

Tabela 80 - Dimensionamento CIP.

Trecho	Comprimento (m)	Vazão (m <sup>3</sup> /h)	Área (m <sup>2</sup> )	Diâmetro (m)
CIP1	2,5	10,2168	6,8112	1,6623106
CIP2	3,5	10,2168	6,8112	1,6623106
CIP3	2,5	10,2168	6,8112	1,6623106
CIP4	2,5	10,2168	6,8112	1,6623106
CIP5	10,6	10,2168	6,8112	1,6623106
CIP6	15,5	10,2168	6,8112	1,6623106
CIP7	8,3	10,2168	6,8112	1,6623106
CIP8	12,9	10,2168	6,8112	1,6623106
CIP9	8,3	10,2168	6,8112	1,6623106
CIP10	8,3	10,2168	6,8112	1,6623106
CIP11	2	10,2168	6,8112	1,6623106
CIP12	3	10,2168	6,8112	1,6623106
CIP13	3	10,2168	6,8112	1,6623106
CIP14	2,9	10,2168	6,8112	1,6623106
CIP15	2	10,2168	6,8112	1,6623106

CIP16	2	10,2168	6,8112	1,6623106
CIP17	16,5	10,2168	6,8112	1,6623106
CIP18	4,3	10,2168	6,8112	1,6623106
CIP19	2	10,2168	6,8112	1,6623106
CIP20	2	10,2168	6,8112	1,6623106
CIP21	2	10,2168	6,8112	1,6623106
CIP22	2	10,2168	6,8112	1,6623106
CIP23	2,5	10,2168	6,8112	1,6623106
CIP24	2	10,2168	6,8112	1,6623106
CIP25	2,5	10,2168	6,8112	1,6623106
CIP26	2,5	10,2168	6,8112	1,6623106
CIP27	2	10,2168	6,8112	1,6623106

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021).

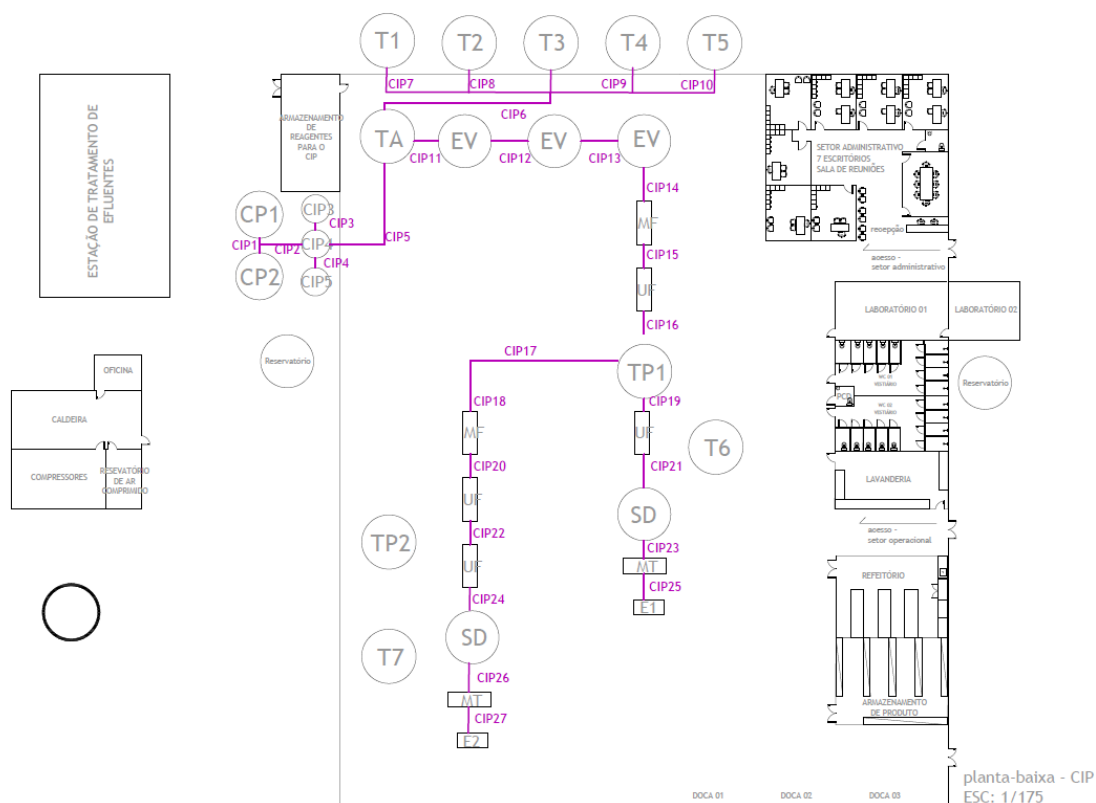
Tabela 81 - Definição da bitola para CPI.

Trecho	Comprimento (m)	D (pol)	Bitola escolhida (pol)
CPI1	2,5	0,645898	1
CPI2	3,5	0,645898	1
CPI3	2,5	0,645898	1
CPI4	2,5	0,645898	1
CPI5	10,6	0,645898	1
CPI6	15,5	0,645898	1
CPI7	8,3	0,645898	1
CPI8	12,9	0,645898	1

CPI9	8,3	0,645898	1
CPI10	8,3	0,645898	1
CPI11	2	0,645898	1
CPI12	3	0,645898	1
CPI13	3	0,645898	1
CPI14	2,9	0,645898	1
CPI15	2	0,645898	1
CPI16	2	0,645898	1
CPI17	16,5	0,645898	1
CPI18	4,3	0,645898	1
CPI19	2	0,645898	1
CPI20	2	0,645898	1
CPI21	2	0,645898	1
CPI22	2	0,645898	1
CPI23	2,5	0,645898	1
CPI24	2	0,645898	1
CPI25	2,5	0,645898	1
CPI26	2,5	0,645898	1
CPI27	2	0,645898	1

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

Figura 46 - Planta baixa das instalações de CIP.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

## A.6 INSTALAÇÃO DO PROCESSO

Para o dimensionamento das tubulações do processo utilizou-se como base a vazão mássica de alimentação do soro que entra no evaporador. A Tabela 82 organiza os trechos, conforme os equipamentos presentes, o comprimento e a demanda nos trechos, que pode ser vista na Tabela 83.

Tabela 82 - Demandas da linha de produção.

Trechos	Comprimento (m)	Equipamentos	Demanda (m <sup>3</sup> /h)
H1 H2 H3 H4 H5	9,1 8,6 1,9 8,6 8,6	Tanque de armazenamento	13,56
H6 H7	15 2	Tanque de alimentação	67,81
H8 H9 H10 H11	3,1 3,1 2,9 2	Evaporador Microfiltração	9,49
H12	2	Ultrafiltração	7,68
H13	12,5	Tanque	1,01
H14	4,3	Microfiltração	1,01
H15	2	Tanque pulmão 1	0,42
H16	7,8	Diafiltração	0,42
H17	7,8	Diafiltração	0,42
H18	2,8	Microfiltração	1,01
H19	1,9	Ultrafiltração	1,01
H20	4,7	Tanque pulmão 2	1,01
H21	2	Ultrafiltração	0,18
H22	2,5	Spray Dryer	0,18
H23	4,8	Tanque pulmão 2	0,18
H24	5	Tanque	0,18
H25	2	Ultrafiltração	0,16

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021).

Foi montada uma tabela dos diâmetros e da área dos trechos a partir das vazões de demanda de cada trecho, e pode ser vista na Tabela A2.0. Na Figura 46 mostra-se o fluxograma da Planta baixa das instalações de tubulação do processo.

Tabela 83 - Dimensionamento das tubulações do processo

Trecho	Comprimento (m)	Vazão (m <sup>3</sup> /h)	Área (m <sup>2</sup> )	Diâmetro (m)
H1	9,1	13,56	6,78	1,65849893
H2	8,6	13,56	6,78	1,65849893
H3	1,9	13,56	6,78	1,65849893
H4	8,6	13,56	6,78	1,65849893
H5	8,6	13,56	6,78	1,65849893
H6	15	67,81	33,905	3,70878982
H7	2	67,81	33,905	3,70878982
H8	3,1	9,49	4,745	1,38745356
H9	3,1	9,49	4,745	1,38745356
H10	2,9	9,49	4,745	1,38745356
H11	2	9,49	4,745	1,38745356
H12	2	7,68	3,84	1,24814764
H13	12,5	1,01	0,505	0,45263282
H14	4,3	1,01	0,505	0,45263282
H15	2	0,42	0,21	0,2918838
H16	7,8	0,42	0,21	0,2918838
H17	7,8	0,42	0,21	0,2918838
H18	2,8	1,01	0,505	0,45263282



H19	1,9	1,01	0,505	0,45263282
H20	4,7	0,18	0,09	0,1910828
H21	2	0,18	0,09	0,1910828
H22	2,5	0,18	0,09	0,1910828
H23	4,8	0,18	0,09	0,1910828
H24	5	0,18	0,09	0,1910828
H25	2	0,16	0,08	0,18015459

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021).

A escolha das bitolas comerciais foi feita com base nos diâmetros obtidos. Devido ao grande fluxo de vazão presente no processo, alguns diâmetros das tubulações não possuem bitolas padronizadas comercialmente, sendo assim foi definido que seriam utilizados feixes de tubos, assim foi definido a bitola escolhida e quantidade de tubos nos feixes.

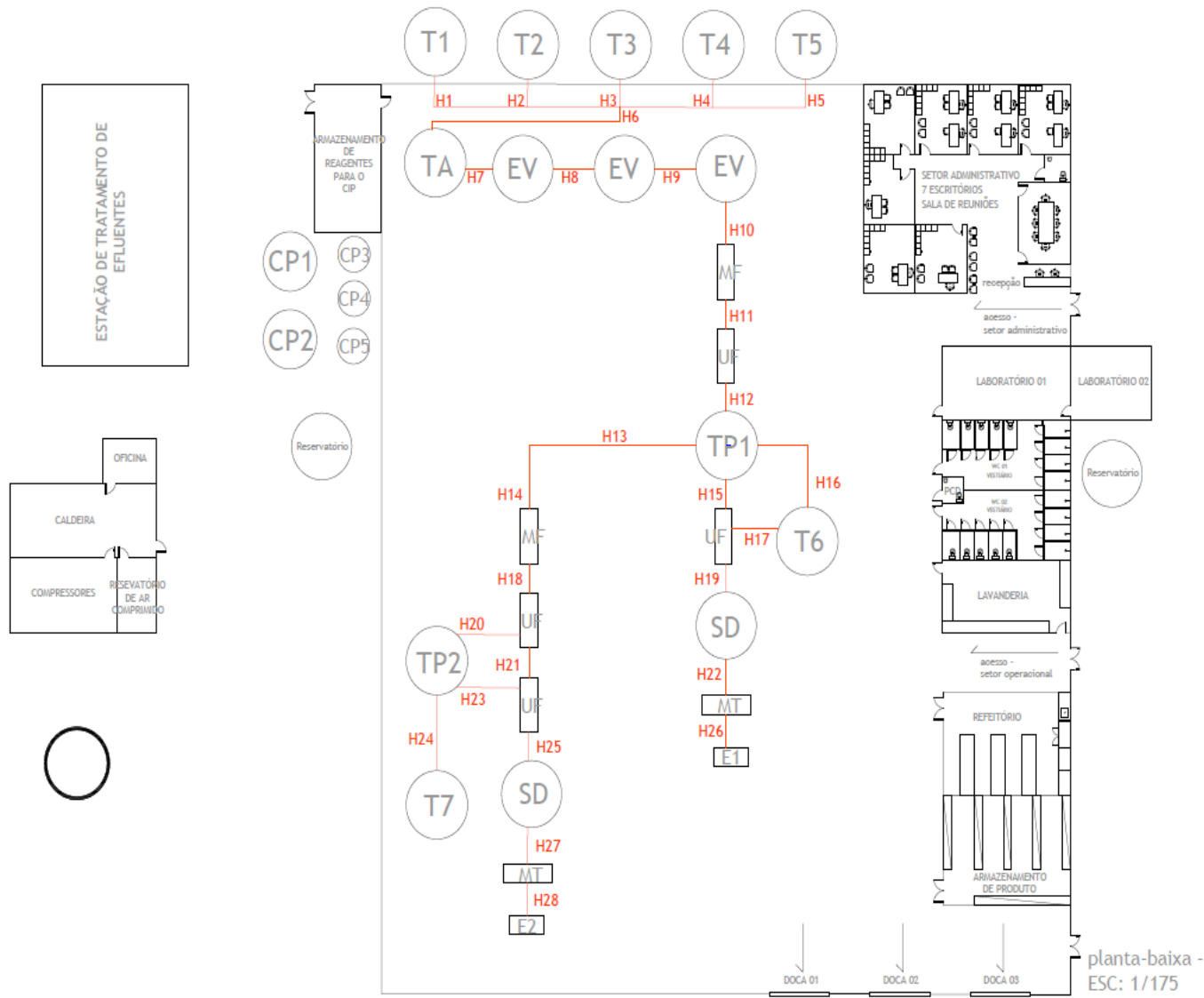
Tabela 84 - Escolha das bitolas e quantidade de tubulações do processo.

Trecho	Comprimento (m)	Bitola escolhida (pol)	Quantidade de tubos
H1	9,1	24	3
H2	8,6	24	3
H3	1,9	24	3
H4	8,6	24	3
H5	8,6	24	3
H6	15	24	6
H7	2	24	6
H8	3,1	24	3

H9	3,1	24	3
H10	2,9	24	3
H11	2	24	3
H12	2	24	2
H13	12,5	18	1
H14	4,3	17	1
H15	2	12	1
H16	7,8	12	1
H17	7,8	12	1
H18	2,8	18	1
H19	1,9	18	1
H20	4,7	8	1
H21	2	8	1
H22	2,5	8	1
H23	4,8	8	1
H24	5	8	1
H25	2	8	1

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021).

Figura 47 - Planta baixa das instalações de tubulação do processo.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

## APÊNDICE B - SISTEMA DE BOMBEAMENTO DO PROCESSO

O sistema de bombeamento no processo, dá-se por bombas que realizam a transferência de fluido entre os tanques de alimentação, tanque pulmão e as operações unitárias (evaporador, processo de separação por membranas, *spray dryer*). Para o dimensionamento das principais bombas do processo utilizou-se a equação 1B

$$P_t = \frac{g^*(\Delta H + l_{wf} + H_r) * W}{E_f} \quad (\text{Equação 1B})$$

Onde  $P_t$  é a potência da bomba,  $\Delta H$  é a variação de altura de um ponto a outro,  $W$  é a vazão mássica,  $E_f$  é a eficiência da bomba e  $l_{wf}$  é a perda de carga, dada pela equação 2B.

$$l_{wf} = \frac{f * L * v^2}{D * 2g} \quad (\text{Equação 2B})$$

O valor da velocidade ( $v$ ) de escoamento nas tubulações é determinado pelo valor recomendado para instalações industriais, foi considerado 3 m/s,  $f$  é o fator de atrito,  $L$  é o comprimento equivalente do trecho e  $g$  é a gravidade fixada em 9,81 m/s<sup>2</sup>. Para casos de regime turbulento, utilizou-se o diagrama de Moody com o fator de rugosidade do material da tubulação e o número de Reynolds dado pelas equações 3B e 4B, respectivamente. Onde  $\rho_f$  é a massa específica do fluido,  $\mu_f$  é a viscosidade dinâmica do fluido

$$f = \frac{64}{Re} \quad (\text{Equação 3B})$$

$$Re = \frac{\rho_f * v * D}{\mu_f} \quad (\text{Equação 4B})$$

Na tabela 85 foi calculado com o auxílio das equações acima, a perda de carga, as potências encontradas e as potências comerciais (HP) disponíveis no mercado que foram selecionadas para o processo, bem como o fator de atrito e o Reynolds para cada bomba.

Tabela 85 - Potência das bombas do processo.

Bomba	Comprimento (m)	lwf	Vazão (kg/s)	Pt (HP)	Pt escolhida (HP)	Re	f
H1	9,1	12,467	3,7968	0,82965	620	1658,499	0,038589
H2	8,6	11,771	3,7968	0,78407	600	1658,499	0,038589
H3	1,9	2,6097	3,7968	0,17322	130	1658,499	0,038589
H4	8,6	11,791	3,7968	0,78407	600	1658,499	0,038589
H5	8,6	11,791	3,7968	0,78407	600	1658,499	0,038589
H6	15	4,1068	18,9868	1,36756	1020	3708,79	0,017256
H7	2	0,5729	18,9868	0,18234	140	3708,79	0,017256
H8	3,1	6,0316	2,6572	0,28263	215	1387,454	0,046128
H9	3,1	6,0616	2,6572	0,28263	215	1387,454	0,046128
H10	2,9	5,6741	2,6572	0,26439	200	1387,454	0,046128
H11	2	3,9152	2,6572	0,18234	140	1387,454	0,046128
H12	2	4,8334	2,1504	0,18234	140	1248,148	0,051276
H13	12,5	229,81	0,2828	1,13963	850	452,6328	0,141395
H14	4,3	79,061	0,2828	0,39203	300	452,6328	0,141395
H15	2	88,416	0,1176	0,18234	140	291,8838	0,219265
H16	7,8	344,84	0,1176	0,711133	540	291,8838	0,219265
H17	7,8	344,54	0,1176	0,711133	540	291,8838	0,219265
H18	2,8	51,428	0,2828	0,25527	200	452,6328	0,141395

H19	1,9	34,908	0,2828	0,17322	130	452,6328	0,141395
H20	4,7	484,3	0,0504	0,42850	320	191,0828	0,334933
H21	2	206,341 7	0,04	0,18234	140	191,0828	0,334933
H22	2,5	257,927 1	0,05	0,22792	170	191,0828	0,334933
H23	4,8	495,220 1	0,05	0,43762	330	191,0828	0,334933
H24	5	515,854 3	0,05	0,45585	340	191,0828	0,334933
H25	2	232,134 4	0,04	0,18234	140	180,1546	0,35525

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021).

## ANEXOS

## ANEXO A - DIMENSÕES NORMALIZADAS PARA TUBULAÇÕES DE AÇO

## ANSI B.36.10 E B.36.19

Diâmetro nominal (pol) – Diâmetro externo (mm)	Designação de espessura. (v. Nota 2)	Espessura de parede (mm) (v. Nota 3)	Diâmetro interno (mm)	Área da seção livre (cm <sup>2</sup> )	Área da seção de metal (cm <sup>2</sup> )	Superfície externa (m <sup>2</sup> /m)	Peso aproximado (kg/m)		Momento de inércia (cm <sup>4</sup> )	Momento resistente (cm <sup>3</sup> )	Raio de giração (cm)
							Tubo vazio (Nota 5)	Conteúdo de água			
¼ – 13,7	10S	1,65	10,4	0,85	0,62	0,043	0,49	0,085	0,116	0,169	0,430
	Std, 40, 40S	2,23	9,2	0,67	0,81		0,62	0,067	0,138	0,202	0,413
	XS, 80, 80S	3,02	7,7	0,46	1,01		0,79	0,046	0,157	0,229	0,393
1/8 – 17,1	10S	1,65	13,8	1,50	0,81	0,054	0,63	0,150	0,236	0,285	0,551
	Std, 40, 40S	2,31	12,5	1,23	1,08		0,84	0,123	0,304	0,354	0,531
	XS, 80, 80S	3,20	10,7	0,91	1,40		1,10	0,090	0,359	0,419	0,506
½ – 21	Std, 40, 40S	2,77	15,8	1,96	1,61	0,071	0,42	0,20	0,71	0,67	0,66
	XS, 80, 80S	3,73	13,8	1,51	2,06		1,62	0,15	0,84	0,78	0,64
	160	4,75	11,8	1,10	2,47		1,94	0,11	0,92	0,86	0,61
	XXS	7,47	6,4	0,32	3,52		2,55	0,03	1,01	0,95	0,56
¾ – 27	Std, 40, 40S	2,87	20,9	3,44	2,15	0,083	1,68	0,34	1,54	1,16	0,85
	XS, 80, 80S	3,91	18,8	2,79	2,80		2,19	0,28	1,86	1,40	0,82
	160	5,54	15,6	1,91	3,68		2,88	0,19	2,19	1,65	0,77
	XXS	7,82	11,0	0,95	4,63		3,63	0,10	2,41	1,81	0,72
1 – 33	Std, 40, 40S	3,37	26,6	5,57	3,19	0,105	2,50	0,56	2,64	2,18	1,07
	XS, 80, 80S	4,55	24,3	4,64	4,12		3,23	0,46	4,40	2,63	1,03
	160	6,35	20,7	3,37	5,39		4,23	0,34	5,21	3,12	0,98
	XXS	9,09	15,2	1,82	6,94		5,44	0,18	5,85	3,50	0,92
1¼ – 42	Std, 40, 40S	3,56	35	9,65	4,32	0,132	3,38	0,96	8,11	3,85	1,37
	XS, 80, 80S	4,85	32,5	8,28	5,68		4,46	0,83	10,06	4,77	1,33
	160	6,35	29,4	6,82	7,14		5,60	0,68	11,82	5,61	1,29
	XXS	9,70	22,7	4,07	9,90		7,76	0,41	14,19	6,74	1,20
1½ – 48	Std, 40, 40S	3,68	40,8	13,1	5,15	0,151	4,04	1,31	12,90	5,34	1,58
	XS, 80, 80S	5,08	38,1	11,4	6,89		5,40	1,14	16,27	6,75	1,54
	160	7,14	33,9	9,07	9,22		7,23	0,91	20,10	8,33	1,48
	XXS	10,16	27,9	6,13	12,2		9,53	0,61	23,64	9,80	1,39
2 – 60	Std, 40, 40S	3,91	52,5	21,7	6,93	0,196	5,44	2,17	27,72	9,20	2,00
	XS, 80, 80S	5,54	49,2	19,0	9,53		7,47	1,90	36,13	11,98	1,95
	160	8,71	42,9	14,4	14,1		11,08	1,44	48,41	16,05	1,85
	XXS	11,07	38,2	11,4	17,1		13,44	1,14	54,61	18,10	1,79
2½ – 73	Std, 40, 40S	5,16	62,7	30,9	11,0	0,235	8,62	3,09	63,68	17,44	2,41
	XS, 80, 80S	7,01	59,0	27,3	14,5		11,40	2,73	80,12	21,95	2,35
	160	9,52	54,0	22,9	19,0		14,89	2,29	97,94	26,83	2,27
	XXS	14,0	44,9	15,9	26,0		20,39	1,59	119,5	32,75	2,14
3 – 89	10S	3,05	82,8	53,9	8,22	0,282	6,44	5,39	75,84	17,06	3,04
	Std, 40, 40S	5,48	77,9	47,7	14,4		11,28	4,77	125,70	28,26	2,96
	XS, 80, 80S	7,62	73,6	42,6	19,5		15,25	4,26	162,33	36,48	2,89
	160	11,1	66,7	34,9	27,2		21,31	3,49	209,36	47,14	2,78
	XXS	15,2	58,4	26,8	35,3		27,65	2,68	249,32	56,22	2,66

Fonte: ( Norma ANSI B.36.10 e B.36.19).

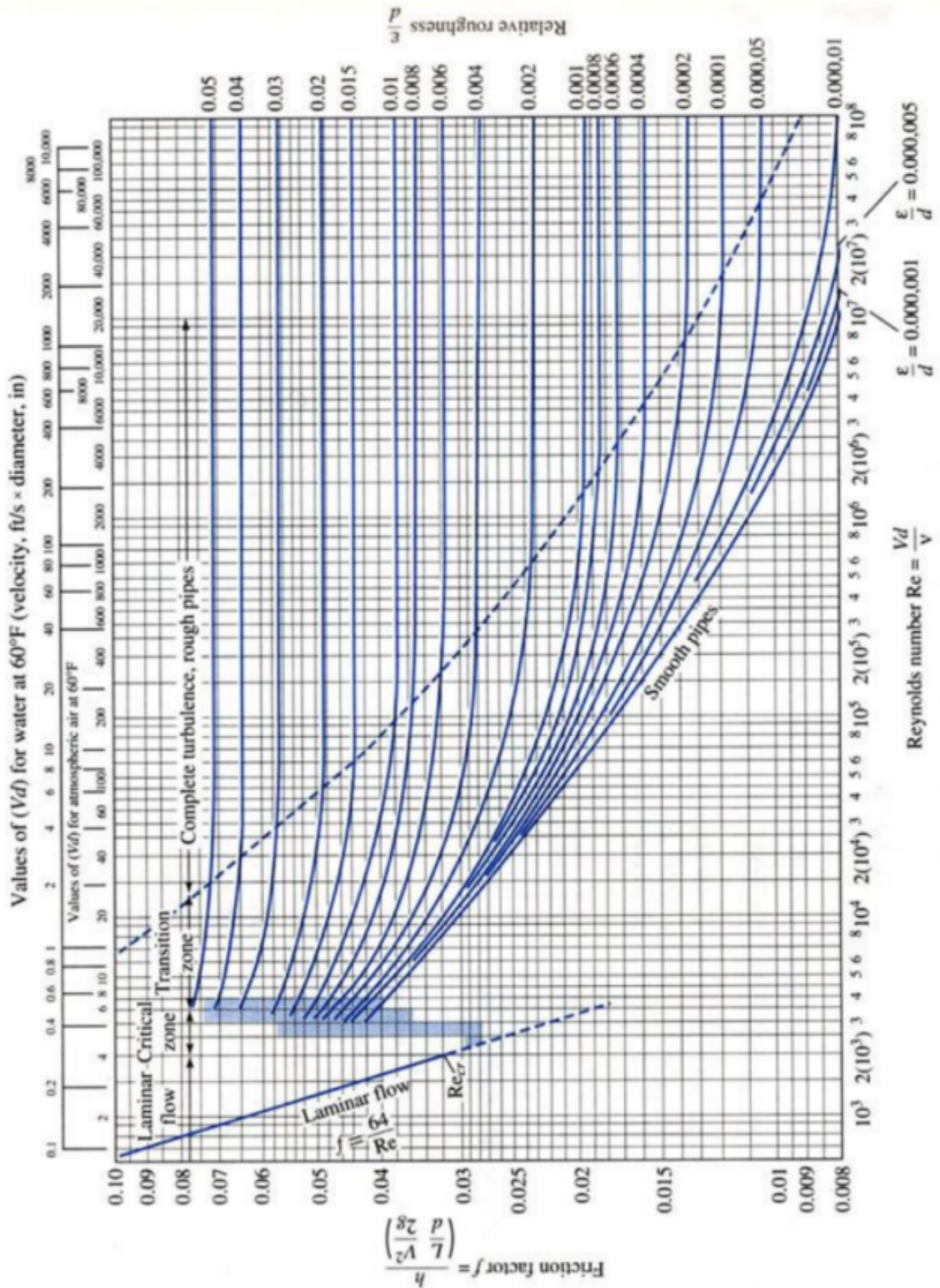
**ANEXO A (CONTINUAÇÃO) - ANSI B36.10 E B.36.19 - DIMENSÕES  
NORMALIZADAS PARA TUBULAÇÕES DE AÇO**

4 -- 114	10S	3,05	108,7	91,9	10,6	0,361	8,35	9,19	164,83	78,88	3,93
	Std. 40, 40S	6,02	102,3	82,1	20,4		16,06	8,21	300,93	52,61	3,84
	XCS, 80, 80S	8,56	97,2	74,2	28,4		22,29	7,42	399,99	69,99	3,75
	160	13,5	87,3	59,9	42,7		33,49	5,99	552,34	96,70	3,60
6 -- 168	XCS	17,1	80,1	50,3	52,3	40,98	5,03	636,42	111,29	3,49	
	10S	3,40	161,4	204,5	17,6	0,535	13,82	20,45	599,37	71,30	5,83
	Std. 40, 40S	7,11	154,0	186,4	36,0	28,23	18,64	1171,3	139,32	5,70	
	XCS, 80, 80S	10,97	146,3	168,2	54,2	42,51	16,82	1685,7	200,45	5,58	
8 -- 219	120	14,3	139,7	153,4	69,0	54,15	15,34	2064,5	245,52	5,47	
	160	18,2	131,8	136,4	86,0	67,41	13,64	2455,8	291,91	5,34	
	XCS	21,9	124,4	121,5	100,9	79,10	12,15	2759,6	328,29	5,23	
	10S	3,76	211,5	351,6	25,4	0,692	19,93	35,16	1473,4	134,56	7,62
10 -- 273	Std. 40, 40S	8,18	202,7	322,6	54,2	42,48	32,26	3017,7	275,52	7,46	
	60	10,3	198,4	309,1	67,6	53,03	30,91	3696,1	337,31	7,39	
	XCS, 80, 80S	12,7	193,7	294,8	82,3	64,56	29,48	4399,5	401,88	7,31	
	120	18,2	182,6	261,9	115,1	90,22	26,19	5852,2	534,31	7,13	
12 -- 324	XCS	22,2	174,6	239,4	137,4	107,8	23,94	6742,9	616,26	7,00	
	160	23,0	173,1	235,5	141,7	111,1	23,55	6905,3	631,02	6,98	
	5S	3,40	266,2	556,8	29,2	0,858	22,54	55,68	2651,4	194,22	9,53
	10S	4,19	264,7	550,3	35,4	27,83	55,03	3200,8	234,38	9,50	
14 -- 356	Std. 40, 40S	9,27	254,5	509,1	76,8	60,23	50,91	6692,9	490,06	9,32	
	XCS, 60, 80S	12,7	247,6	481,9	103,9	81,45	48,19	8824,1	645,77	9,22	
	80	15,1	242,9	463,2	122,1	95,72	46,32	10193	747,38	9,14	
	120	21,4	230,2	416,1	169,3	132,7	41,61	13486	988,32	8,94	
16 -- 406	160	28,6	215,9	365,8	219,4	172,1	36,58	16607	1217,8	8,71	
	5S	4,19	315,5	782,0	42,1	1,018	29,11	78,20	5377,7	332,23	11,30
	10S	4,57	314,7	778,1	45,9	36,00	77,81	5848,0	361,07	11,28	
	20	6,35	311,1	760,7	63,5	57,10	76,07	7987,5	493,34	11,23	
18 -- 457	Std. 40S	9,52	304,8	729,6	94,1	73,74	72,96	11675	717,88	11,13	
	40	10,3	303,2	722,0	101,5	79,65	72,20	12487	771,97	11,10	
	XCS, 80S	12,7	298,4	699,4	134,1	97,34	69,94	15067	929,31	11,00	
	60	14,3	295,3	685,2	138,8	108,8	68,52	16691	1029,3	10,95	
20 -- 489	80	17,4	288,9	655,5	168,0	131,7	65,55	19771	1221,1	10,85	
	120	25,4	273,0	585,8	238,1	186,7	58,58	26722	1650,5	10,59	
	10	6,35	342,9	923,3	69,7	1,118	54,62	92,33	10630	598,24	12,34
	Std. 30	9,52	336,5	889,7	103,5	81,20	88,97	15525	873,59	12,24	
22 -- 519	40	11,1	333,4	872,9	120,1	94,29	87,29	17856	1003,1	12,19	
	XCS	12,7	330,2	856,2	136,8	107,3	85,62	20145	1132,5	12,14	
	60	15,1	325,5	832,3	161,2	126,3	83,23	23392	1316,1	12,04	
	80	19,0	317,5	791,7	201,3	157,9	79,17	28595	1609,5	11,91	
24 -- 559	100	23,8	308,0	745,2	248,4	194,5	74,52	34339	1930,7	11,76	
	10	6,35	393,7	1217,5	79,8	1,277	62,57	121,7	15983	786,72	14,15
	Std. 30	9,52	387,3	1178,1	118,8	93,12	117,8	23392	1152,2	14,05	
	XCS, 40	12,7	381,0	1140,1	157,1	123,2	114,0	30468	1499,7	13,92	
26 -- 601	60	16,6	373,1	1093,0	203,9	159,9	109,3	38834	1911,1	13,79	
	80	21,4	363,6	1038,1	258,7	203,0	103,8	48158	2370,0	13,64	
	100	26,2	354,0	984,6	312,9	245,3	98,46	56815	2796,1	13,46	
	10	6,35	444,5	1551,7	89,9	1,436	70,52	155,2	22851	999,79	15,95
28 -- 653	Std.	9,52	438,1	1507,8	133,9	105,0	150,8	33589	1468,5	15,82	
	XCS	12,7	431,8	1464,6	177,4	139,0	146,5	43829	1917,6	15,72	
	40	14,3	428,6	1443,3	198,7	155,9	144,3	48782	2133,9	15,67	
	60	19,0	419,1	1379,4	261,9	205,6	137,9	63059	2758,4	15,49	
30 -- 705	80	23,8	409,6	1317,5	323,9	254,1	131,7	76337	3340,3	15,34	
	100	29,4	398,5	1247,2	394,8	309,4	124,7	90738	3969,7	15,16	

Fonte: ( Norma ANSI B.36.10 e B.36.19).



ANEXO B - DIAGRAMA DE MOODY



Fonte: Macintyre (2017).

## ANEXO C - LETRAS DE IDENTIFICAÇÃO DE MALHAS DE CONTROLE SEGUNDO A NORMA ANSI/ISA-S5.1-1984

The following are Identification Letters and their usage from ISA Standard S5.1, "Instrumentation Symbols and Identification," Revision 4.

**Table B-1: Identification letters**

First letter (4)		Succeeding letters (3)		
Measured or initiating variable	Modifier	Readout or passive function	Output function	Modifier
A	Analysis (5, 19)	Alarm		
B	Burner, Combustion	User's Choice (1)	User's Choice (1)	User's Choice (1)
C	User's Choice (1)		Control (13)	
D	User's Choice (1)	Differential (4)		
E	Voltage	Sensor (Primary Element)		
F	Flow Rate	Ratio (Fraction) (4)		
G	User's Choice (1)	Glass, Viewing Device (9)		
H	Hand			High (7, 15, 16)
I	Current (Electrical)	Indicate (10)		
J	Power	Scan (7)		
K	Time, Time Schedule	Time Rate of Change (4, 21)	Control Station (22)	
L	Level	Light (11)		Low (7, 15, 16)
M	User's Choice (1)	Momentary (4)		Middle, Intermediate (7, 15)
N	User's Choice (1)		User's Choice (1)	User's Choice (1)
O	User's Choice (1)	Orifice, Restriction		
P	Pressure, Vacuum	Point (Test) Connection		
Q	Quantity	Integrate, Totalize (4)		
R	Radiation	Record (17)		
S	Speed, Frequency	Safety (8)	Switch (13)	
T	Temperature		Transmit (18)	
U	Multivariable (6)		Multifunction (12)	Multifunction (12)
V	Vibration, Mechanical Analysis		Valve, Damper, Louver (13)	
W	Weight, Force		Well	
X	Unclassified (2)	X Axis	Unclassified (2)	Unclassified (2)
Y	Event, State or Presence (20)	Y Axis		Relay, Compute, Convert (13, 14, 18)
Z	Position Dimension	Z Axis		Driver, Actuator, Unclassified Final Control Element

Fonte: Macintyre (2017).

## ANEXO D - TABELA DE VAPOR SATURADO

Pressão absoluta	Temperatura	Volume específico	Calor sensível	Calor latente	Calor total (entalpia)
kgf·cm <sup>-2</sup>	°C	m <sup>3</sup> /kgf	kcal/kgf	kcal/kgf	kcal/kgf
4	142,9	0,4706	143,6	509,8	653,4
5	151,1	0,3816	152,1	503,7	655,8
6	158,1	0,3213	159,3	498,5	657,8
7	164,2	0,2778	165,6	493,8	659,4
8	169,6	0,2448	171,3	489,5	660,8
9	174,5	0,2189	176,4	485,6	662,0
10	179,0	0,1981	181,2	481,8	663,0
11	183,2	0,1808	185,6	478,3	663,9
12	187,1	0,1664	189,7	475,0	664,7
13	190,7	0,1541	193,5	471,9	665,4
14	194,1	0,1435	197,1	468,9	666,0
15	197,4	0,1343	200,6	466,0	666,6
16	200,4	0,1262	203,9	467,1	463,2
18	206,1	0,1126	210,1	457,8	667,9
20	211,4	0,1016	215,8	452,7	668,5

Fonte: Macintyre (2017)

## ANEXO E - NÚMERO MÍNIMO DE APARELHOS SANITÁRIOS

TABELA 1.3 Número mínimo de aparelhos para diversas serventias

Tipo de edifício ou ocupação	Lavatórios		Banheiros ou chuveiros	Bebedouros instalados fora dos compartimentos sanitários	Vasos sanitários		Mictórios
Residência ou apartamentos	1 para cada residência ou apartamento		1 para cada residência ou apartamento e chuveiro para serviço	—	1 para cada residência ou apartamento e um para serviço		—
Escolas primárias	1 para cada 60 pessoas		1 para cada 20 alunos (caso haja Educação Física)	1 para cada 75 alunos	Meninos: 1 para cada 100 Meninas: 1 para cada 25		1 para cada 30 meninos
Escolas secundárias	1 para cada 100 pessoas		—	1 para cada 75 pessoas	Meninos: 1 para cada 100 Meninas: 1 para cada 45		—
Escritórios ou edifícios públicos	Número de pessoas	Número de aparelhos	—	1 para cada 75 pessoas	Número de pessoas	Número de aparelhos	Quando há mictórios, instalar 1 vaso sanitário para cada mictório, contanto que o número de vasos não seja reduzido a menos de 2/3 do especificado
	1-15 16-35 36-60 61-90 91-125	1 2 3 4 5	—	—	1-15 16-35 36-55 56-80 81-110 111-150	1 2 3 4 5 6	
	Acima de 125, adicionar 1 aparelho para cada 45 pessoas a mais		—	—	Acima de 150, adicionar 1 aparelho para cada 40 pessoas a mais.		—
Estabelecimentos industriais	Número de pessoas	Número de aparelhos	1 chuveiro para cada 15 pessoas dedicadas a atividades confinadas ou expostas a calor excessivo ou contaminação da pele com substâncias venenosas, infecciosas ou irritantes	1 para cada 75 pessoas	Número de pessoas	Número de aparelhos	Mesma especificação feita para os escritórios ou 1 para cada 50 operários
	1-100	1 para cada 10 pessoas			1-9 10-24 25-49 50-74 75-100	1 2 3 4 5	
	Mais de 100	1 para cada 15 pessoas	—	—	Acima de 100, adicionar 1 aparelho para cada 30 empregados		—
Cinemas, teatros, auditórios e locais de reunião	Número de pessoas	Número de aparelhos	—	1 para cada 100 pessoas	1 para cada residência ou apartamento e um para serviço		—
	1-200 201-400 401-750	1 2 3	—	—	—		—
	Acima de 750, adicionar 1 aparelho para cada 500 pessoas		—	—	—		—
Dormitórios	1 para cada 12 pessoas. Acima de 12 adicionar um lavatório para cada 20 homens ou para cada 15 mulheres		1 para cada 8 pessoas. No caso de dormitório de mulheres, adicionar banheiros na razão de 1 para cada 30 pessoas	1 para cada 75 pessoas	Meninos: 1 para cada 100 Meninas: 1 para cada 25		1 para cada 25 homens. Acima de 150 pessoas, adicionar 1 aparelho para cada 20 pessoas.
Acompanhamentos e inst. provisória	—		1 para cada 30 operários	—	1 para cada 30 operários		—

Fonte: Macintyre (2017)

## ANEXO F - VAZÃO DE PROJETO

Aparelho sanitário e peças de utilização	Vazão de projeto l/s	Pesos P
Bacia sanitária com caixa de descarga	0,15	0,3
Bacia sanitária com válvula de descarga	1,70	40,0
Banheira (Misturador – água fria)	0,30	1,0
Bebedouro com registro de pressão	0,10	0,1
Bidê (Misturador – água fria)	0,10	0,1
Chuveiro (Misturador – água fria)	0,20	0,5
Lavatório (Torneira ou misturador)	0,15	0,5
Chuveiro elétrico	0,10	0,1
Máquina de lavar roupas ou pratos	0,30	1,0
Mictório cerâmico com válvula de descarga	0,50	2,8
Mictório de descarga descontínua tipo calha (por metro)	0,15	0,3
Pia/Torneira ou misturador (água fria)	0,25	0,7
Pia/Torneira elétrica	0,10	0,1
Tanque de lavar – Torneira	0,25	0,7
Torneira de jardim ou lavagem em geral	0,20	0,4

Fonte: Macintyre (2017)

**ANEXO G - UTILIDADES****ANEXO G1 - BOMBA SANITÁRIA DE DESLOCAMENTO POSITIVO**

Fonte: RONDA (2021)

Model	Capacity of per 100r	Speed (r/min)	Capacity (L/h)	Power (KW)	Viscosity (c.s.t)	Caliber (mm)	Custom services
D-3A-3	3	200-500	300-800	0.55	1-1×10 <sup>6</sup>	Φ25×1.5	220V, 240V, 380V, 400V, 415V, 440V 50Hz or 60Hz Single phase(D-3A-3 and D-3A-6) Or three phase  CVT (Continuously Variable Transmission) Hand wheel adjust motor  Gear box fixed speed ratio motor  Frequency variable speed motor with controller  Explosion proof motor  SS304 or SS316 Quick clamp, Flange, Barb, SMS, Thread Insulation jacket Water cooling seal (for 100~200°C) SS304 Trolley SS304 motor cover
D-3A-6	6	200-500	650-1600	0.75		Φ25×1.5	
D-3A-8	8	200-500	850-2160	1.5		Φ38×1.5	
D-3A-12	12	200-500	1300-3200	2.2		Φ38×1.5	
D-3A-20	20	200-500	2100-5400	3		Φ50.8×1.5	
D-3A-30	30	200-400	3200-6400	4		Φ42×1.5	
D-3A-36	36	200-400	3800-7600	4		Φ50.8×1.5	
D-3A-52	52	200-400	5600-11000	5.5		Φ63.5×5	
D-3A-66	66	200-400	7100-14000	7.5		Φ76×2	
D-3A-78	78	200-400	9000-18000	7.5		Φ63.5×2	
D-3A-100	100	200-400	11000-22000	11		Φ76×2	
D-3A-135	135	200-400	15000-30000	15		Φ102×2	
D-3A-160	160	200-400	17000-34000	18.5		Φ102×3	
D-3A-200	200	200-400	21600-43000	22		Φ125×3	

Fonte: RONDA (2021)

## ANEXO G2 - BOMBA CENTRÍFUGA



Fonte: Schneider (2021)

Nome do equipamento	Bomba centrífuga
Marca	Schneider
Diâmetro de Sucção (pol)	1 <sup>1/2</sup>
Diâmetro de Recalque (pol)	1 <sup>1/4</sup>
Pressão máxima sem vazão (m.c.a)	56
Potencia (cV)	12,5
Utilização final	Deslocamento de fluídos dentro do processo
Altura máxima de sucção (m.c.a)	8

Diâmetro do rotor	170
Rotação	3600
Altura manométrica total (m.c.a)	42
Temperatura máxima do fluido a ser bombeado (°C)	70
Vazão (m <sup>3</sup> /h)	34,4

Fonte: Schneider (2021).

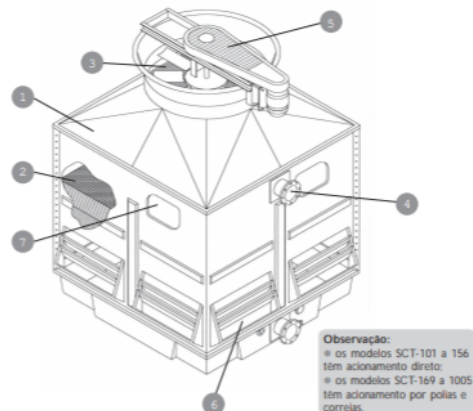


## ANEXO G3 - TORRE DE RESFRIAMENTO



- 1 Carcaça**
  - corpo/difusor/bacia em poliéster reforçado com fibra de vidro (PRFV);
  - opcional: auto-extinguível.
- 2 Enchimento**
  - filme de PVC auto-extinguível de alto rendimento, com canais corrugados e maior relação superfície/volume de sua categoria;
  - grade de polipropileno de grande resistência mecânica e térmica.
- 3 Eliminador de gotas**
  - formato de onda completa, de alta eficiência, fabricado em polipropileno ou PVC.
- 4 Sistema de distribuição de água**
  - constituído por tubos de aço galvanizado e de PVC;
  - os bicos de aspersão requerem baixa pressão e possuem design especial com grandes orifícios que possibilitam o espalhamento completo da água com reduzida possibilidade de entupimento.
- 5 Sistema mecânico**
  - hélice: pás injetadas em plásticos ou alumínio;
  - acionamento: polias e correias ou acoplamento direto;
  - motor elétrico: IP-55, TFVE e isolamento classe B.
- 6 Bacia**
  - entradas de ar com calha anti-respingo, bacia com válvula de bóia, dreno, ladrão e sucção com tela filtro
- 7 Porta de inspeção transparente**

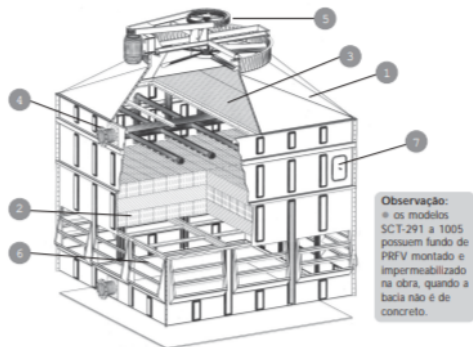
### Modelos SCT-101 a 285



**Observação:**

- os modelos SCT-101 a 156 têm acionamento direto;
- os modelos SCT-169 a 1005 têm acionamento por polias e correias.

### Modelos SCT-291 a 1100



**Observação:**

- os modelos SCT-291 a 1005 possuem fundo de PRFV montado e impermeabilizado na obra, quando a bacia não é de concreto.



Evapco Semco Equipamentos de Refrigeração Ltda.  
Alameda Vênus, 151 - Distrito Industrial - American Park Empresarial  
13347-659 Indaiatuba - SP  
Tel.: Escritório +55 (11) 5184-0067 - Fábrica +55 (19) 3825-3214  
vendas.refrigeracao@semco.com.br  
www.semcoequipamentos.com.br

Representante:

202001121010101 0022014

## ANEXO G4 - CALDEIRA



Fonte: BENECKE CALDEIRAS (2021).

## DADOS TÉCNICOS

### Dados Técnicos

#### Características:

- Capacidade de produção de vapor: 600 a 30.000 kg/h.
- Pressão máxima de vapor: 28 kgf/cm<sup>2</sup>.

#### Forma construtiva da caldeira:

- Painel elétrico para proteção e operação;
- Garrafa de nível;
- Válvula de segurança, válvula de saída de vapor, válvulas de descarga, válvula de retenção;
- Bomba d'água;
- Injetor manual;
- Grelha tubular fixa e inclinada com circulação d'água;
- Ventilador de ar primário e secundário;
- Pré-aquecedor de ar;
- Exaustor de gases;
- Válvula rotativa com distribuidor de combustíveis;
- Plataforma de acesso às válvulas com escada tipo marinho;
- Filtro Multiciclone.

#### Automação Básica:

- Regulagem de fluxo de gases; através de inversor de frequência modulante;
- Regulagem de fluxo de ar primário e secundário; através de inversor de frequência modulante;
- Controle de nível d'água;
- Controle de pressão;
- Inversor de frequência para os ventiladores de Ar Primário, Ar Secundário e Tiragem.

#### Combustíveis:

- Costaneiras;
- Picado de madeira;
- Mistura de combustíveis (60% de picado e 40% de serragem);
- Lenha;
- Bagaço de cana;
- Outros combustíveis sob consulta.

Fonte: BENECKE CALDEIRAS (2021).

## ANEXO G5 - COMPRESSOR



Fonte: Kaeser (2021)

Tabela G6 - Especificações do compressor.

Nome do equipamento	Compressor
Marca	Kaeser
Vazão (m <sup>3</sup> /min)	1,5 a 93
Potência (kW)	132
Pressão (bar)	Acima de 1 bar
Vacuo (bar)	-0,5
Utilização final	Fornecimento de ar para o sistema spray dryer e ar comprimido.
Temperatura máxima (°C)	140

Fonte: Kaeser,(2021).

**ANEXO H - EQUIPAMENTOS AUXILIARES**  
**ANEXO H1 - LAVADORA**



Fonte: Jinzhilai (2021).

Modelo	XTQ-15H	XTQ-20H	XTQ-30H	XTQ-50H	XTQ-70H	XTQ-100H
Capacidade nominal (kg)	10-15kg	15-20kg	20-30kg	35-50kg	50-70kg	70-100kg
Potência do Motor (kw)	2, 2 kw	2, 2 kw	4.0Kw	5.5Kw	7.5Kw	7.5Kw
Potência eléctrica(kw)	12kw	15kw	24kw	36kw	--	--
Dimensão do rolete (mm)	650mm	673mm	902mm	Executiva 1060mm	1200mm	1200mm
Tensor de Profundidade (mm)	450mm	550mm	500mm	605mm	626mm	815mm
Volume do rolete	149 Aceso	195 Aceso	320 Aceso	504 Aceso	708ACESO	920ACESO
Velocidade média (r/min)	90r/min	90r/min	72r/min	75r/min	70r/min	65r/min
Velocidade de lavagem (r/min)	50r/min	45r/min	36r/min	35r/min	33r/min	31r/min
Meio dewater velocidade (r/min)	450 r/min	400r/min	420r/min	380r/min	350 r/min	310r/min
Alta velocidade dewater (R/min)	890r/min	820r/min	780r/min	760 r/min	680r/min	680r/min
O tubo de vapor	3/4"	3/4"	1"	1"	1"	1"
Tubulação de água fria	3/4"	3/4"	3/2"	3/2"	3/2"	3/2"
Banheira de água	3/4"	3/4"	3/2"	3/2"	3/2"	3/2"
Válvula de Drenagem	Φ 70mm	Φ 70mm	Φ 140mm	Φ 140mm	Φ 140mm	Φ 140mm
Fonte de alimentação	Standard: 380+N-3PH-50Hz					
Dimensão global (Comprimento x largura x altura) mm	1010*1110 *1510	1100*1020 *1500	1410*1430 *1760	1650*1750 *1900	1850*1800 *2300	1850*2000 *2300
Peso (kg)	950kg	980kg	1900kg	2600kg	2800kg	3130kg

Fonte - Jinzhilai (2021).

## ANEXO H2 - SECADORA

MODELO		S-60	S-120
Capacidade (1:18)		70 kg	135 kg
Capacidade (1:20)		62 kg	120 kg
Volume do Cesto		1260 litros	2440 litros
Diâmetro do Cesto		1170 mm	1650 mm
Profundidade do Cesto		1170 mm	1140 mm
Altura até porta		1220 mm	1150 mm
Potência motor do cesto		0,56 kw	3 kw
Potência motor de exaustão		1,5 kw	2 x 1,5 kw
Diâmetro do rotor do exaustor		400 mm	2 x 400 mm
Vazão de ar do exaustor		38 m <sup>3</sup> /min	76 m <sup>3</sup> /min
Dimensões Externas	Largura	1280 mm	1785 mm
	Altura	2150 mm	2360 mm
	Profundidade	1530 mm	2090 mm
Aquecimento Elétrico	Potência da Câmara Aquecimento Elétrico	49,5 kw	99 kw
	Consumo Elétrico	36,7 kw/h	75,3 kw/h
Aquecimento Gás (GLP) Gás (GNV)	Potência da Câmara Aquecimento a Gás	60.200 kcal	120.400 kcal
	Pressão do Gás GLP ou GNV	0,8 kgf/cm <sup>2</sup>	0,8 kgf/cm <sup>2</sup>
	Consumo de Gás (GLP)	3,7 kg/h	7,3 kg/h
	Consumo de Gás (GNV)	4,5 m <sup>3</sup> /h	8,9 m <sup>3</sup> /h
Aquecimento Vapor	Consumo Elétrico	2 kw/h	6 kw/h
	Potência da Câmara Aquecimento a Vapor	80.000 Kcal	150.000 Kcal
	Pressão do Vapor	7 kgf/cm <sup>2</sup>	7 kgf/cm <sup>2</sup>
	Entrada Vapor	1"	1"
	Saída de Condensado	3/4"	3/4"
	Consumo de Vapor	120 kg/h	240 kg/h
	Consumo Elétrico	2 kw/h	6 kw/h



Fonte - Mamute (2021).

### ANEXO H3 - CALANDRA

MODELO		CM-4520	CM-4530	CM-8030
Capacidade de Passadoria		60 a 85 kg/h	80 a 115 kg/h	180 a 220 kg/h
Velocidade de Passadoria		2,8 a 9,2 m/min	2,8 a 9,2 m/min	5 a 15 m/min
Diâmetro do cilindro		450 mm	450 mm	800 mm
Comprimento do Cilindro		2100 mm	3100 mm	3100 mm
Dimensões Externas	Altura	1840 mm	1840 mm	2050 mm
	Largura	2980 mm	3980 mm	4080 mm
	Profundidade	900 mm	900 mm	1275 mm
Altura da entrada das roupas		1170 mm	1170 mm	1200 mm
Altura da saída frontal das roupas		940 mm	940 mm	900 mm
Altura da saída traseira das roupas		750 mm	750 mm	800 mm
Potência do motor principal		0,37 kw	0,37 kw	1,5 kw
Potência do motor do exaustor		0,37 kw	0,37 kw	1,5 kw
Quantidade de exaustor		2	2	2
Aquecimento Elétrico	Potência da Câmara Aquec. Elétrico	20 kw	30 kw	60 kw
	Consumo Elétrico	18,2 kw	26,2 kw	50 kw
Aquecimento Gás (GLP) Gás (GNV)	Potência da Câmara Aquecimento a Gás	22.000 Kcal	32.800 Kcal	65.500 Kcal
	Pressão do Gás (GLP ou GNV)	0,8 kgf/cm <sup>2</sup>	0,8 kgf/cm <sup>2</sup>	0,8 kgf/cm <sup>2</sup>
	Consumo de Gás (GLP)	1,5 kg/h	2,3 kg/h	4,5 kg/h
	Consumo de Gás (GNV)	1,8 m <sup>3</sup> /h	2,8 m <sup>3</sup> /h	5,6 m <sup>3</sup> /h
	Consumo Elétrico	1,12 kw/h	1,12 kw/h	4,5 kw/h
Aquecimento a Vapor	Potência da Câmara Aquec. a Vapor	25.800 kcal	38.700 kcal	77.400 kcal
	Pressão do Vapor	7 kgf/cm <sup>2</sup>	7 kgf/cm <sup>2</sup>	7 kgf/cm <sup>2</sup>
	Entrada de Vapor	1"	1"	1"
	Saída de Condensado	1/2"	1/2"	1/2"
	Consumo de Vapor	40 kg/h	72 kg/h	144 kg/h
	Consumo Elétrico	1,12 kw/h	1,12 kw/h	4,5 kw/h



Fonte - Mamute (2021).



### ANEXO I - PORCENTAGEM DE SUBMERSÃO

Altura geométrica de elevação Hg (m)	Porcentagem de submersão permissível (%)
6 — 38	50 — 70
38 — 53	40 — 65
53 — 76	40 — 60
76 — 107	37 — 55

Fonte: Yassuda (1965).

### ANEXO J - VALORES DE C EM FUNÇÃO DE S

Altura geométrica de elevação Hg (m)	Porcentagem de submersão permissível (%)
6 — 38	50 — 70
38 — 53	40 — 65
53 — 76	40 — 60
76 — 107	37 — 55

Fonte: Yassuda (1965).

**ANEXO K - EMBALAGEM (PARÂMETROS)**

Tabela 86 - Parâmetros de embalagens.

<b>Material</b>	<b>Capacidade</b>	<b>Cor</b>	<b>Logotipo</b>	<b>Forma</b>
HDPE	1 kg	Branco	Impressão ou etiqueta autocolante	Cilindro

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021).