



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
DEQ1023 – ENGENHARIA DE PROCESSOS III**

**Amanda Barsé
Bruna Cristina Omizzolo
Dênia Arbusti
Luiza Callage Da Silva
Whilliam Telles**

**VINOCORP
Produção de ácido tartárico e antocianina a partir da borra da
vinificação**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**Santa Maria, RS, Brasil
2019**

Amanda Barsé
Bruna Cristina Omizzolo
Dênia Arbusti
Luiza Callage da Silva
Whilliam Telles

VINOCORP

Produção de ácido tartárico e antocianina a partir da borra da vinificação

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.

Orientador: SÉRGIO LUIZ JAHN

Santa Maria, RS, Brasil
2019

Amanda Barsé
Bruna Cristina Omizzolo
Dênia Arbusti
Luiza Callage da Silva
Whilliam Telles

VINOCORP

Produção de ácido tartárico e antocianina a partir da borra da vinificação

Como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia
Química

Aprovado em 06 de dezembro de 2019

COMISSÃO EXAMINADORA:

Sérgio Luiz Jahn, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Raquel Cristine Kuhn, Dra. (UFSM)
(Professora convidada)

Gabriela Carvalho Collazzo, Dra. (UFSM)
(Professora convidada)

Santa Maria, RS, Brasil
2019

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho:

Às nossas famílias, pelo carinho, apoio incondicional e aconselhamento;

Ao nosso orientador, Prof. Dr. Sérgio Luiz Jahn, por estar sempre disposto a sanar nossas dúvidas, pelo suporte e aprendizado.

A todos os professores, por todo conhecimento fornecido ao longo da graduação.

RESUMO

VINOCORP

Produção de ácido tartárico e antocianina a partir da borra da vinificação

AUTORES: Amanda Barsé, Bruna Cristina Omizzolo, Dênia Arbusti, Luiza Callage da Silva, Whilliam Telles

ORIENTADOR: Sérgio Luiz Jahn.

O presente projeto teve por objetivo realizar a análise da viabilidade técnica e econômica de implantação de uma indústria de produção de antocianina (99% de pureza) e de ácido tartárico (99% de pureza), empregando como matéria-prima a borra gerada na produção de vinho nas vinícolas da Serra Gaúcha. O projeto foi concebido para processar 17.000 toneladas/ano de borra, fazendo com que a produção máxima de antocianina e ácido tartárico sejam, respectivamente, de 110 e 622 toneladas/ano. O faturamento anual da empresa deverá ficar na casa de R\$ 33.964.509,49 após o quinto ano, gerando impostos de R\$7.428.113,25 .

A instalação da unidade industrial será no município de Bento Gonçalves e, em plena produção, deverá gerar 27 postos de trabalho direto, e 15 de colaboradores indiretos. A indústria será implantada em terreno de 11.741 m², sendo a área edificada de 943,16 m². O investimento para implantação da unidade industrial será de R\$11.950.858,31, sendo que o valor de financiamento será amortizado em 5 anos.

O preço de comercialização da antocianina será de R\$ 152,27/kg e do ácido tartárico será de R\$ 33,12/kg. Com isso, o projeto começará a ter retorno após 2 anos, 7 meses e 6 dias. Portanto, através da análise realizada, constatou-se que o projeto é viável economicamente e pode ser implantado.

Palavras chave: Antocianina. Ácido tartárico. Borra do vinho.

ABSTRACT

VINOCORP

Tartaric acid production and anthocyanin extraction from wine lees

AUTHORS: Amanda Barsé, Bruna Cristina Omizzolo, Dênia Arbusti, Luiza Callage da Silva, Whilliam Telles

ADVISOR: Sérgio Luiz Jahn.

This project aimed to perform a technical and economic viability analysis of implanting an anthocyanin (99% purity) and tartaric acid (99% purity) production industry, using as raw material the wine lees generated from wineries of Serra Gaúcha. The project is designed to process 17,000 tonnes/year of lees, making the maximum production of anthocyanin and tartaric acid, respectively, 110 and 622 tonnes /year. The company's annual revenues should remain around R\$ 33.964.509,49 after the fifth year, entailing de R\$7.428.113,25 of taxes.

The installation of the industrial unit will be in the county of Bento Gonçalves and, in full production, will generate 27 direct jobs and 15 indirect employees. The industry will have 11.741 m² of land and a built area of de 943,16 m². The investment for the implementation of the industrial unit will be R\$11.950.858,31, which will be amortized over 5 years.

The market price for anthocyanin will be R\$ 152,27/kg and for tartaric acid R\$ 33,12/kg. Thereby, the project will start to return after 2 years, 7 months and 6 days. Therefore, through the analysis performed, it was concluded that the project is economically viable and can be implemented.

Keywords: Anthocyanin. Tartaric acid. Wine lees.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da Vinocorp.....	26
Figura 2 - Localização da Vinocorp por satélite.	26
Figura 3 - Modelo de negócios Canvas.....	31
Figura 4 - Origem das Uvas Processadas no RS - Safra 2018.	34
Figura 5 - Fórmula química do etanol.....	35
Figura 6 - Fórmula química do ácido sulfúrico.....	36
Figura 7 - Estrutura molecular do ácido tartárico.	38
Figura 8 - Malvidina-3-O-(6-p-coumaroil)-glucósido.	39
Figura 9 - Consumo mundial de ácido tartárico em 2009.	40
Figura 10 - Peso em quilogramas de ácido tartárico de 2014 a 2018.	41
Figura 11 - Valor FOB em dólares de ácido tartárico de 2014 a 2018.	41
Figura 12 - Quantidade de ácido tartárico exportado pela Veronese.	42
Figura 13 - Percentual acumulado de exportação.	43
Figura 14 - Peso em quilogramas de antocianina de 2014 a 2018.	44
Figura 15 - Valor FOB em dólares de antocianina de 2014 a 2018.	44
Figura 16 - Posicionamento e quantidade de aspersores.....	49
Figura 17- Sistema CIP.....	50
Figura 18 - Diagrama de blocos da produção de antocianinas.	52
Figura 19 - Diagrama de blocos da produção de ácido tartárico.	54
Figura 20 - Fluxograma do processo produtivo.	56
Figura 21 - Árvore de decisão para escolha do modelo termodinâmico.....	59
Figura 22 - Tanque de ácido sulfúrico.	68
Figura 23 - Centrífuga CS18-4.....	69
Figura 24 - Tanque agitado (T01).....	70
Figura 25 - Impelidor.	71
Figura 26 - Centrífuga CS21-4.....	72
Figura 27 - Tanque pulmão após a centrífuga (TP02).	72
Figura 28 - Tanque de armazenamento (T03).....	74
Figura 29 - Centrífuga CS21.....	75
Figura 30 - Tanque pulmão (TP03).....	76
Figura 31 - Representação esquemática de um spray dryer.....	77
Figura 32 - Empacotadora (E01).....	78
Figura 33 - Tanque T04.	79
Figura 34 - Impelidor do reator (R01).	81
Figura 35 - Centrífuga CS18-4 2PH/3PH.	82
Figura 36 - Impelidor do reator (R02).....	83
Figura 37 - Tanque (T07).....	84
Figura 38 - Centrífuga CS10-4.....	86
Figura 39 - Sistema de controle nos reatores (R01 e R02).	104
Figura 40 - Sistema de controle no tanque de armazenamento de ácido sulfúrico.	105
Figura 41 - Fluxo de caixa.	121
Figura 42 - Fluxo de caixa descontado.	122
Figura 43 - Configuração típica de um tanque agitado.	139
Figura 44 - Número de potência para diversos impelidores.	141
Figura 45 - Dimensões do Ciclone anexo ao Secador em função do diâmetro.	157

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Municípios da Microrregião de Caxias do Sul.	25
Tabela 2 - Especificações do ácido tartárico.	39
Tabela 3 - Produção de Vitícola das cidades pertencentes à microrregião de Caxias do Sul.	58
Tabela 4 - Balanço de massa em kg/h.	61
Tabela 5 - Demandas energéticas por equipamento.	66
Tabela 6 - Dados do tanque de etanol.....	67
Tabela 7 - Dados centrífuga CS18-4 Centrífuga HC.....	69
Tabela 8 - Dados da centrífuga (C02).	71
Tabela 9 - Dados da Coluna de Destilação D01.....	73
Tabela 10 - Dados da centrífuga CS21.....	75
Tabela 11 - Dados do secador (S01).....	76
Tabela 12 - Dados do Ciclone vinculado ao secador S01.	77
Tabela 13 - Dados da centrífuga (C04).	79
Tabela 14 - Dados do Reator R01.	80
Tabela 15 - Dados centrífuga CS18-4 Centrífuga 2PH/3PH.....	81
Tabela 16 - Dimensões do Cristalizador CR01.	85
Tabela 17 - Dados da centrífuga CS10-4.....	86
Tabela 18 – Dados obtidos do dimensionamento do secador.....	87
Tabela 19 - Demanda de água total.	88
Tabela 20 - Demanda de água fria no pavilhão.	89
Tabela 21 - Demanda de água fria nos prédios auxiliares.	90
Tabela 22 - Diâmetros nominais da tubulação de água fria.	91
Tabela 23- Velocidades recalculadas para a tubulação de água fria.	91
Tabela 24 - Demanda de água quente no pavilhão industrial.....	93
Tabela 25 - Dimensionamento das tubulações de água quente.	93
Tabela 26- Velocidades recalculadas para a tubulação de água quente.	94
Tabela 27 - Demanda de ar comprimido.	94
Tabela 28 - Diâmetros das tubulações de ar comprimido.	95
Tabela 29 - Demanda de vapor na área industrial.	96
Tabela 30 - Diâmetro nominal das tubulações de vapor para cada trecho.	96
Tabela 31 – Dimensionamento e seleção das bombas do processo.....	97
Tabela 32 - Modelos de Selecionados de Trocadores de Calor.....	98
Tabela 33 - Consumo de energia elétrica diário por equipamento.	101
Tabela 34 - Dimensões das tubulações de processo.	101
Tabela 35 - Composição das correntes destinadas a tratamento de efluentes, em kg/h.	106
Tabela 36 - Custos com Investimento fixo.	108
Tabela 37 - Custo de aquisição de equipamentos.....	110
Tabela 38 - Custo anual de matéria-prima.....	112
Tabela 39- Custo com mão de obra para cada função.....	113
Tabela 40 - Custo com Utilidades.	115
Tabela 41 - Custos com depreciação.	115
Tabela 42 - Custos Fixos da Vinocorp.	116
Tabela 43- Custos Variáveis da Vinocorp.....	116
Tabela 44 - Custo médio de ácido tartárico e antocianina.....	117
Tabela 45 - Custos de comercialização.	117
Tabela 46 - Análise de sensibilidade.	118

Tabela 47 - Financiamento.....	118
Tabela 48 - Análise do Fluxo de Caixa.....	120
Tabela 49 - Fluxo de Caixa.....	121
Tabela 50 - Valor Presente e saldo em função do período.....	122
Tabela 51 - Composição da borra.....	133
Tabela 52 - Dimensões do impelidor.....	140
Tabela 53 - Nível de agitação.....	142
Tabela 54- Quantidade de água por área da indústria.....	142
Tabela 55 - Dados do trocador do tanque de água quente.....	144
Tabela 56 - Dimensões da serpentina.....	145
Tabela 57 - Valores para o volume e altura da cavidade.....	147
Tabela 58 - Resultados obtidos para largura e comprimento.....	147
Tabela 59 - Especificações do impelidor para o tanque T01.....	150
Tabela 60 - Especificações da coluna de destilação (D01).....	153
Tabela 61 - Dimensões do impelidor.....	158
Tabela 62 - Dados operacionais do reator batelada (R01).....	161
Tabela 63 - Dimensões do impelidor.....	161
Tabela 64 - Dados do Reator R02.....	163
Tabela 65 - Dimensões do impelidor do reator (R02).....	164
Tabela 66 - Dimensionamento do Cristalizador.....	167
Tabela 67 - Dados do Secador S02.....	169
Tabela 68 - Dados do Ciclone do Secador S02.....	169
Tabela 69 - Dimensionamento das tubulações do processo.....	170
Tabela 70 - Área e diâmetro das tubulações de água fria.....	173
Tabela 71 - Velocidades recalculadas para a tubulação de água.....	174
Tabela 72 - Demanda de água gelada.....	175
Tabela 73 - Área e diâmetro das tubulações de água gelada.....	176
Tabela 74 - Velocidades recalculadas para a tubulação de água gelada.....	176
Tabela 75 - Área e diâmetro das tubulações de água quente.....	176
Tabela 76 - Velocidades recalculadas para a tubulação de água.....	177
Tabela 77 - Diâmetro das tubulações de ar comprimido.....	178
Tabela 78 - Perda de carga admissíveis.....	179
Tabela 79 - Dados obtidos para tubulação de vapor.....	181
Tabela 80 - Dilatação da tubulação.....	182
Tabela 81 - Comprimento de juntas da tubulação de vapor.....	183
Tabela 82 - Espessura do isolamento das tubulações de vapor.....	183
Tabela 83 - Espaçamento entre apoios e número de suportes para a tubulação de vapor.....	183
Tabela 84 - Comprimento entre apoios para a tubulação de vapor.....	184
Tabela 85 - Quantidade de vapor formada nos equipamentos.....	184
Tabela 86 - Quantidade de condensado formado nas tubulações.....	185
Tabela 87 - Cálculo do número de Reynolds.....	187
Tabela 88 - Dimensionamento das bombas.....	188
Tabela 89 - Cálculo da área de troca térmica dos trocadores de calor.....	190

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Quadro de funcionários.	27
Quadro 2 - Identificação dos equipamentos.	57

LISTA DE ABREVIATURAS

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento

CIP – *Clean-in-Place*

CIPA – Comissão Interna de Prevenção de Acidentes – CIPA

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CUB – Custo Unitário Básico

DBO – Demanda Biológica de Oxigênio

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EPI's – Equipamentos de Proteção Individual

ETE – Estação de Tratamento de Efluentes

EtOH - Etanol

FOB – *Free on Board*

KHT - Bitartarato de Potássio

NR – Norma Regulamentadora

IBRAVIN – Instituto Brasileiro do Vinho

INSS – Instituto Nacional do Seguro Social

NBR – Norma técnica

SAC – Serviço de Atendimento ao Consumidor

SACRE – Sistema de Amortização Crescente

TIR – Taxa Interna de Retorno

TMA – Taxa Mínima de Atratividade

VFL – Valor Futuro Líquido

VPL – Valor Presente Líquido

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Descrição	Unidade
T	Temperatura	°C
P	Pressão	Pa
D	Diâmetro	m
Q	Vazão	m ³ /h
v	Velocidade	m/s
m	Massa	kg
V	Volume	m ³
ρ	Densidade	kg/m ³
F	Vazão mássica	kg/h
Q _{etanol}	Quantidade de etanol	kg
t _{operação}	Tempo de operação	h
Q _{armazenada}	Quantidade armazenada	kg
t _{armazenagem}	Tempo de armazenagem	h
H	Altura do líquido no reservatório	m
T	Diâmetro do tanque	m
h	Distância entre o impelidor e o fundo do tanque	m
D	Diâmetro do impelidor	m
W	Altura da pá do impelidor	m
L	Largura da pá do impelidor	m
B	Largura da chicana	m
N	Número de rotações do impelidor	rpm
Re	Número de Reynolds	
μ	Viscosidade	g/cm.s
N _{P0}	Número de potência	
N _A	Nível de agitação	HP/m ³
W _u	Potência útil	HP

V_1	Volume de líquido a ser agitado	m^3
H	Altura	m
L	Largura	m
C	Comprimento	m
\hat{u}_v	Velocidade máxima do vapor, baseada na seção transversal da coluna	m/s
l_t	Espaçamento entre pratos	m
D_c	Diâmetro da coluna	m
\hat{V}_W	Máxima vazão mássica de vapor	kg/s
τ	Tempo de residência	s
R	Razão de projeto	m/h
t_r	Tempo de reação	h
t_{op}	Tempo de operação	h
A_F	Área filtrante	m^2
N	Número total de placas	
L_p	Largura das placas	m
C_p	Comprimento das placas	m
R_{HD}	Razão entre altura e diâmetro	s
A	Área de troca térmica	m^2
U	Coefficiente global de transferência térmica	$kJ/h.m^2.^{\circ}C$
P_1	Pressão no ponto inicial	Pa
P_2	Pressão no ponto final	Pa
g	Aceleração da gravidade	m/s^2
γ	Produto da gravidade com a densidade	$kg.m/m^3.s^2$
z_1	Altura no ponto inicial	m
z_2	Altura no ponto final	m
h_L	Perda de carga	m
f	Fator de atrito	
l	Comprimento da tubulação	m

ΣK_L	Somatório dos coeficientes de perda de todos acessórios no trecho de tubulação	
J	Perda de carga	
m	Vazão mássica	kg/h
v	Volume específico	m ³ /kg
S	Área de seção do escoamento	cm ²
L _{eq}	Comprimento equivalente	m
ΔP	Variação de pressão	kgf/cm ²
ΔL	Dilatação linear	m
L ₀	Comprimento da tubulação	m
α	Constante de dilatação térmica para o aço carbono	mm/mm.°C
ΔT	Variação de temperatura	°C
Q	Quantidade de condensado formado	kg
C	Calor específico do aço	kJ/(kg.°C)
P	Peso da tubulação	kg
t _f	Temperatura final	°C
t _i	Temperatura inicial	°C
T _{q,e}	Temperatura quente de entrada	°C
T _{q,s}	Temperatura quente de saída	°C
T _{f,e}	Temperatura fria de entrada	°C
T _{f,s}	Temperatura fria de saída	°C
ΔT_{ml}	Média logarítmica da diferença de temperatura	°C
h _f	Perda de carga	m/s
L _{total}	Comprimento total	m
Q _i	Descarga livre	m ³ /min
p _i	Pressão absoluta	kgf/cm ²
V _{tanque CIP}	Volume do tanque CIP	m ³
A _{tanque}	Área superficial interna do tanque	m ²
Q _{req}	Vazão requerida pelo aspensor	m ³ /s

F_S	Fator de sujidade	
D_t	Diâmetro do tanque	m
H_s	Altura da serpentina	m
D_s	Diâmetro da serpentina	m
A_s	Área de troca térmica da serpentina	m ²
d_s	Diâmetro do tubo da serpentina	m

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	21
2. DEFINIÇÃO DO PROJETO	22
2.1 OBJETIVOS	22
2.1.1 Objetivo geral	22
2.1.2. Objetivos específicos	22
2.2 JUSTIFICATIVA	22
2.3 EMPRESA.....	23
2.3.1 Missão	23
2.3.2 Visão.....	24
2.3.3 Valores	24
2.3.4 Localização	24
2.3.5 Quadro de Funcionários	26
2.3.6 Sistema de prevenção e combate a incêndio, acidentes e doenças de trabalho	27
2.3.7 Exigências Legais.....	28
2.3.7.1 <i>Licenciamento ambiental.....</i>	29
2.3.7.1.1 Licença prévia (LP)	29
2.3.7.1.2 Licença de instalação (LI)	30
2.3.7.1.3 Licença de operação (LO)	30
2.3.7.2 <i>Comissão Interna de Prevenção de Acidentes - CIPA</i>	30
2.4 MODELO DE NEGÓCIOS	31
2.4.1 Proposta de valor	31
2.4.2 Segmento de clientes.....	32
2.4.3 Relacionamento com clientes.....	32
2.4.4 Canais	32
2.4.5 Atividades principais.....	32
2.4.6 Recursos principais	32
2.4.7 Parcerias principais.....	33
2.4.8 Estrutura de custos.....	33
2.4.9 Fontes de receita	33
3. MATÉRIAS-PRIMAS	34
3.1 BORRA	34
3.2 ETANOL	35
3.3 ÁCIDO SULFÚRICO	36
3.4 CLORETO DE CÁLCIO E HIDRÓXIDO DE CÁLCIO	36

4. DEFINIÇÃO DOS PRODUTOS	38
4.1 ÁCIDO TARTÁRICO	38
4.1.1 Características físico-químicas	38
4.2 ANTOCIANINAS	39
4.3 ANÁLISE DE MERCADO	40
4.3.1 Ácido tartárico.....	40
<i>4.3.1.1 Principais Concorrentes</i>	<i>42</i>
4.3.2 Antocianinas	43
4.3.2.1 Principais concorrentes	45
5. DEFINIÇÕES DO PROCESSO	46
5.1 ROTAS TECNOLÓGICAS	46
5.1.1 Síntese química.....	46
5.1.2 Síntese Biotecnológica.....	46
5.1.3 Síntese da Vinocorp	46
5.2 DEFINIÇÃO DA ESCALA.....	47
5.3 ESTRATÉGIA DE OPERAÇÃO E PRODUÇÃO.....	47
5.4 SISTEMA CIP	48
6. PROJETO DO PROCESSO	51
6.1 PRODUÇÃO DE ANTOCIANINA	51
6.1.1 Diagrama de blocos.....	52
6.2 PRODUÇÃO DE ÁCIDO TARTÁRICO.....	53
6.2.1 Diagrama de Blocos	54
6.3 FLUXOGRAMA DO PROCESSO	55
6.4 ESTIMATIVA DE MATÉRIA-PRIMA.....	57
6.4 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL	59
6.5 BALANÇO DE MASSA	60
6.6 BALANÇO DE ENERGIA	66
7. PROJETO DOS EQUIPAMENTOS DA PLANTA INDUSTRIAL	67
7.1 CONDICIONAMENTO DAS MATÉRIAS-PRIMAS	67
7.1.1 Borra	67
7.1.2 Etanol	67
7.1.3 Ácido sulfúrico.....	68
7.1.4 Cloreto de cálcio e hidróxido de cálcio.....	68
7.2 PRODUÇÃO DE ANTOCIANINA	69
7.2.1 Centrífuga (C01)	69
7.2.2 Tanque de mistura (T01).....	70
7.2.3 Centrífuga (C02)	71

7.2.4 Tanque (T02).....	73
7.2.5 Destilador (D01).....	73
7.2.6 Tanque de armazenamento (T03)	74
7.2.7 Tanque (T).....	74
7.2.8 Centrífuga (C03).....	74
7.2.9 Secador (S01)	76
7.2.10 Empacotadora (E01)	77
7.3 PRODUÇÃO DE ÁCIDO TARTÁRICO	78
7.3.1 Tanque (T04).....	78
7.3.2 Centrífuga (C04).....	79
7.3.3 Tanque (T05).....	80
7.3.4 Reator (R01).....	80
7.3.5 Centrífuga (C05).....	81
7.3.6 Tanque (T06).....	82
7.3.7 Reator (R02).....	82
7.3.8 Filtro (F01)	83
7.3.9 Tanque (T07).....	83
7.3.10 Cristalizador (CR01).....	84
7.3.11 Tanque (T08).....	85
7.3.12 Centrífuga (C06).....	85
7.3.13 Secador (S02)	86
7.3.14 Empacotadora (E02)	87
8. REQUERIMENTOS ENERGÉTICOS E PROJETO DE UTILIDADES.....	88
8.1 INSTALAÇÕES DE ÁGUA FRIA.....	88
8.1.1 Requerimento no pavilhão industrial	88
8.1.2 Requerimentos nos prédios auxiliares	89
8.1.2.1 Banheiros e vestiário	90
8.1.2.2 Refeitório.....	90
8.1.3 Tubulações de água fria	90
8.1.4 Reservatório de água.....	92
8.2 ÁGUA GELADA	92
8.3 INSTALAÇÕES DE ÁGUA QUENTE.....	93
8.3.1 Reservatório de água.....	94
8.4 AR COMPRIMIDO.....	94
8.5 VAPOR.....	95
8.6 CONDENSADO.....	96
8.7 BOMBAS	97

8.8 TROCADORES DE CALOR	98
8.9 ACESSÓRIOS	98
8.9.1 Válvulas.....	98
8.9.2 Separadores	98
8.9.3 Juntas de expansão.....	99
8.9.4 Purgadores.....	99
8.9.5 Guias de tubulação.....	99
8.10 ISOLAMENTO TÉRMICO.....	100
8.11 SUPORTE PARA AS TUBULAÇÕES.....	100
8.12 CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA	100
8.13 TUBULAÇÕES DO PROCESSO	101
9. CONTROLE E INSTRUMENTAÇÃO DO PROCESSO.....	103
9.1 CONTROLE DOS REATORES (R01 e R02).....	103
9.2 TANQUE DE ÁCIDO SULFÚRICO	104
10. TRATAMENTO DE EFLUENTES	106
11. AVALIAÇÃO ECONÔMICA DO PROJETO	107
11.1 INVESTIMENTOS FIXOS	107
11.1.1 Custos com terreno e construção civil.....	108
11.1.2 Custos com aquisição de equipamentos	109
11.1.3 Custos com documentação e seguro	111
11.1.4 Custos extras.....	111
11.1.5 Capital de giro	112
11.1.6 Custos com matéria-prima.....	112
11.1.7 Custos com mão de obra.....	113
11.1.8 Custos com utilidades	114
11.1.9 Custos com depreciação.....	115
11.2 CUSTOS FIXOS E VARIÁVEIS.....	115
11.3 PREÇO DE VENDA	116
11.4 FINANCIAMENTO	118
11.5 VIABILIDADE DO PROJETO.....	119
11.5.1 Análise de <i>Payback</i>	121
12. CONSIDERAÇÕES FINAIS	124
REFERÊNCIAS.....	125
APÊNDICES.....	133
APÊNDICE A - BALANÇO DE MASSA	133
APÊNDICE B - BALANÇO DE ENERGIA.....	135
APÊNDICE C - DIMENSIONAMENTOS.....	136

APÊNDICE D - PROJETO DE UTILIDADES	173
LISTA DE ANEXOS	191
ANEXO A - TANQUES	191
ANEXO B - TANQUE DE ÁCIDO SULFÚRICO	192
ANEXO C - TANQUE CLORETO DE CÁLCIO	193
ANEXO D - IMPELIDOR TANQUE CLORETO DE CÁLCIO	194
ANEXO E - CENTRÍFUGA	195
ANEXO F - TANQUE PULMÃO (TP01)	196
ANEXO G - IMPELIDOR TANQUE T01	197
ANEXO H - TANQUE PULMÃO (TP02)	198
ANEXO I - EMPACOTADORA (E01 E E02)	199
ANEXO J - IMPELIDOR TANQUE DE MISTURA (T04)	200
ANEXO K - IMPELIDOR REATOR (R01)	201
ANEXO L - TANQUE PULMÃO (TP05)	202
ANEXO M - TANQUE (T06)	203
ANEXO N - IMPELIDOR REATOR (R02)	204
ANEXO O - FILTRO (F01)	205
ANEXO P - TANQUE (T07)	206
ANEXO Q - TANQUE (T08)	207
ANEXO R - RESERVATÓRIO DE ÁGUA FRIA	208
ANEXO S - CHILLER	209
ANEXO T - TANQUE DE ÁGUA QUENTE	210
ANEXO U - COMPRESSOR	211
ANEXO V - CALDEIRA	212
ANEXO W - BOMBAS CENTRÍFUGAS	213
ANEXO X - BOMBAS ROTATIVAS	215
ANEXO Y - TROCADORES DE CALOR	216
ANEXO Z - VÁLVULA GAVETA	217
ANEXO AA - ESPAÇAMENTO ENTRE APOIOS GUIAS EM TUBULAÇÕES DE VAPOR	218
ANEXO AB - ESPESSURA DO ISOLAMENTO	219
ANEXO AC - ESPAÇAMENTO MÁXIMO ENTRE APOIOS PARA TUBOS DE AÇO-CARBONO A-53	220
ANEXO AD - CUB LANÇADO	221
ANEXO AE - CUSTOS COM TERRAPLANAGEM	222
ANEXO AF - ENCARGOS SOCIAIS E TRABALHISTAS	223
ANEXO AG - TAXAS DE DEPRECIAÇÃO	224
ANEXO AH - PORCENTAGENS DE SUBMERSÃO	225

ANEXO AI - VALORES DE C EM FUNÇÃO DA PORCENTAGEM DE SUBMERSÃO	226
ANEXO AJ - COMPRIMENTO DAS JUNTAS DE DILATAÇÃO.....	227
ANEXO AK - DIAGRAMA DE MOODY	228

1. INTRODUÇÃO

Uma vez que a legislação implantada pela ANVISA está diminuindo cada vez mais o limite máximo de aditivos sintéticos permitidos nos alimentos, existe grande demanda de pesquisas para desenvolver corantes alimentícios a partir de fontes naturais, visando diminuir, gradualmente, a dependência do uso de corantes sintéticos no processamento de alimentos (FIB, 2019). Além disso, as antocianinas são caracterizadas como compostos hidrossolúveis responsáveis pela coloração vermelha escura. Elas apresentam várias propriedades, como, anticarcinogênica, anti-inflamatória e antimicrobiana, prevenindo a oxidação de lipoproteínas de baixa densidade (LDL), doenças cardiovasculares e doenças neurológicas (LOBO e VELASQUE, 2016).

Nas uvas também se encontram compostos fenólicos, sendo o mais notório dessa categoria as antocianinas, pois são os pigmentos responsáveis pela coloração arroxeada encontrada na uva. A antocianina é um corante natural responsável por pigmentos que variam no espectro visível de vermelho vivo ao violeta/azul (BOBBIO e BOBBIO, 1995).

O ácido tartárico também é conhecido como ácido dihidroxibutanoico, sendo um ácido dicarboxílico. Tanto ele quanto alguns dos sais, como o cremor de tártaro (tartarato hidrogenado de potássio) e o sal de Rochelle (tartarato sódico de potássio), são obtidos a partir dos subprodutos da fermentação do vinho (FOOD INGREDIENTS, 2016).

O ácido tartárico é utilizado como acidulante sendo capaz de conferir ou intensificar o sabor ácido dos alimentos, pois possui características físico-químicas específicas que realçam o aroma de muitos produtos. Uma das principais aplicações é em vinho e refrigerantes de uva. Ademais, pode ser utilizado quando a característica em estudo for a formação de complexos com íons metálicos indesejáveis, a fim de minimizar a catálise de oxidações e em alguns casos a turvação do meio (FOOD INGREDIENTS, 2016).

A escala de utilização deste ácido não é tão ampla quanto a do cítrico e málico, porém tem grande importância na indústria alimentícia. Além disso, ele ocorre naturalmente em alguns frutos ou vegetais, mas é principalmente encontrado em uvas e tamarindo (FOOD INGREDIENTS, 2016).

A indústria vitivinícola gera volumes substanciais de resíduos orgânicos sólidos, os quais são subaproveitados ou descartados (BENDER et al., 2016). Diante disso, neste projeto visou-se a produção de ácido tartárico e antocianina com pureza aproximada de 99%.

2. DEFINIÇÃO DO PROJETO

2.1 OBJETIVOS

2.1.1 Objetivo geral

Este trabalho teve por objetivo a realização da análise da viabilidade técnica e econômica da implantação da unidade industrial de produção de ácido tartárico e antocianina, empregando como matéria-prima os resíduos da indústria vitivinícola.

2.1.2. Objetivos específicos

Os objetivos específicos do projeto foram:

- a) Realizar análise de mercado para verificar quais são as principais aplicações do ácido tartárico e da antocianina e quais são as quantidades consumidas por ano dessas substâncias;
- b) Identificar, descrever e selecionar as tecnologias mais adequadas para produção de ácido tartárico e antocianinas, através da utilização de resíduos da indústria vitivinícola como matéria-prima;
- c) Realizar o balanço de massa e energia para o processo;
- d) Realizar o dimensionamento dos principais equipamentos de processo;
- e) Dimensionar as diferentes utilidades necessárias para o funcionamento do processo;
- f) Realizar o levantamento de custos dos principais equipamentos de processo;
- g) Realizar a análise de viabilidade econômica de implantação do empreendimento, realizando análise de sensibilidade.

2.2 JUSTIFICATIVA

Atualmente, há uma imensa demanda por ideias que designam uma função aos resíduos gerados pelas indústrias do mundo todo. Isso se dá pelo fato de que este material fere o meio ambiente, poluindo rios e solos e destruindo ecossistemas (VGRESÍDUOS, 2017).

A preocupação com as questões ambientais tem levado diferentes setores das indústrias brasileiras a buscarem novas tecnologias e metodologias em que o conceito de

Química Verde esteja inserido. Dentre os princípios desta filosofia está a redução da poluição nos processos químicos e o máximo aproveitamento da matéria-prima, minimizando ou eliminando a geração de poluentes (CRQ-RJ, 2017).

Atualmente, grandes quantidades de resíduos são geradas pela indústria vitivinícola instalada na serra gaúcha, sendo um dos principais a borra gerada nos processos de purificação do vinho tinto. Segundo informações pessoais disponibilizadas por produtores da região, a destinação adequada desses resíduos ainda é um problema para grande parte das empresas instaladas nesta região, uma vez que há custos com transportes e a destinação final é a compostagem, não gerando um lucro significativo para as vinícolas.

Dessa forma, o presente projeto tem por objetivo analisar a viabilidade técnica e econômica da implantação de uma indústria para produção de ácido tartárico e antocianina, empregando os resíduos gerados por estas indústrias. A principal contribuição deste trabalho está relacionada ao aproveitamento de um resíduo para geração de produtos com aplicações nos setores alimentícios, bebidas ou de fitoterápicos.

2.3 EMPRESA

A Vinocorp terá como objetivo principal produzir ácido tartárico e antocianina, com elevados graus de pureza, de forma que possam ser aplicados nos setores alimentício e farmacêutico. O ácido tartárico e a antocianina serão comercializados em embalagens de 25 e 15 kg, respectivamente.

A empresa será fundada nos princípios de proteção ambiental. A unidade industrial foi projetada de forma a minimizar a quantidade de resíduos e a utilização de energia. Criada em 2019 por cinco jovens universitários visionários, o empreendimento terá como meta aproveitar a matéria-prima que está sendo descartada, gerando produtos de alto valor agregado. A empresa será sediada na cidade de Bento Gonçalves - RS devido à proximidade com a matéria-prima.

2.3.1 Missão

Uma empresa não se define pelo seu nome, estatuto ou produto que faz; ela se define pela sua missão. Somente uma definição clara da missão é razão de existir da organização e torna possíveis, claros e realistas os objetivos da empresa. (Peter Drucker)

A missão da empresa é contribuir para a melhoria do ambiente social e natural. Sabendo-se que o mundo é de todos e que apenas juntos será possível deixar um planeta melhor para as próximas gerações. Desta forma, visa-se sempre respeitar e preservar o ecossistema, e por meio dos produtos, conscientizar os clientes e colaboradores.

2.3.2 Visão

Ser referência no mercado nacional e internacional na entrega de produtos com alto valor agregado, devido à alta sustentabilidade dos processos, além da alta satisfação dos clientes.

2.3.3 Valores

Cuidar de Gente: Cuidar das pessoas que estão em contato com a empresa. Favorecer um ambiente de aprendizagem, desenvolvimento e confiança, possuindo uma cultura de *feedbacks* com respeito às diferenças.

Foco em resultado: Comprometimento com as metas, planejamento e prazos. Utilização de dados e análises em tudo que envolve aquilo que a empresa se compromete a fornecer aos consumidores e funcionários, buscando sempre a excelência nas próprias ações.

Foco no cliente: Entender que os clientes são as peças chaves para o sucesso, além de entender as necessidades, sempre voltados à melhoria da qualidade dos produtos e atendimento, agindo sempre de forma sustentável.

2.3.4 Localização

O empreendimento será instalado no estado do Rio Grande do Sul, por ser o maior produtor de uvas e vinhos do Brasil, sendo os municípios da Serra Gaúcha os maiores produtores de vinho do estado. A Tabela 1 apresenta os principais 19 municípios que compõem a microrregião de Caxias do Sul, que concentra a maior parte da viticultura no estado.

Tabela 1 - Municípios da Microrregião de Caxias do Sul.

Nº	Cidade
1	Antônio Prado
2	Bento Gonçalves
3	Boa Vista do Sul
4	Carlos Barbosa
5	Caxias do Sul
6	Coronel Pilar
7	Cotiporã
8	Fagundes Varela
9	Farroupilha
10	Flores da Cunha
11	Garibaldi
12	Monte Belo do Sul
13	Nova Pádua
14	Nova Roma do Sul
15	Pinto Bandeira
17	Santa Tereza
17	São Marcos
18	Veranópolis
19	Vila Flores

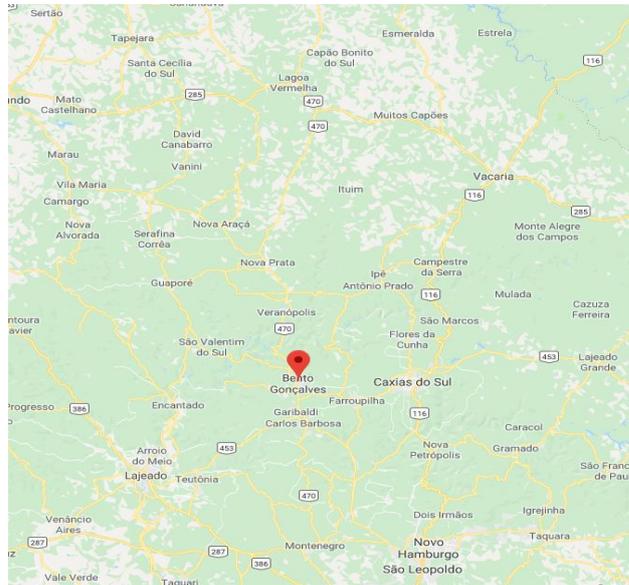
Fonte: Adaptado de Cadastro Vinícola, EMBRAPA (2015).

Para escolher a localidade do empreendimento, levou-se em conta a proximidade de rodovias estaduais e federais, a fim de facilitar o escoamento, bem como a disponibilidade de matéria-prima na cidade, uma vez que os produtos e a matéria-prima serão comercializados por transporte terrestre através de caminhões.

Dessa forma, considerou-se as cidades que oferecessem incentivos fiscais e, de acordo com o Jornal Pioneiro (2019), o município de Bento Gonçalves adotou medidas que facilitam a implantação de novos negócios, prevendo a isenção ou redução de impostos fiscais para a iniciativa privada.

Sendo assim, a Vinocorp deverá ser implantada, preferencialmente, no município de Bento Gonçalves e a localização exata está mostrada na Figura 1, sendo a imagem de satélite mostrada na Figura 2. As coordenadas geográficas da localização da planta são: -29.173706, -51.551834.

Figura 1 - Localização da Vinocorp.



Fonte: Google Maps (2019).

Figura 2 - Localização da Vinocorp por satélite.



Fonte: Google Maps (2019).

2.3.5 Quadro de Funcionários

O sistema de produção da unidade foi programado para operar nos onze primeiros meses do ano, ou seja, de janeiro a novembro, sendo o mês de dezembro destinado a parada da unidade para manutenção e limpeza da unidade industrial.

A borra do vinho tem produção sazonal, sendo gerada somente entre os meses de janeiro e maio. Assim, optou-se por dimensionar a unidade industrial para processar aproximadamente 70% da borra proveniente da microrregião de Caxias do Sul. Para operar durante onze meses, essa matéria-prima necessita ser armazenada devido ao grande volume a ser processado, em torno de 17.518,00 m³ por ano. Assim, optou-se por armazenar entre 28-30% da quantidade de matéria-prima em tanques na própria empresa e o restante ficará armazenado nas vinícolas, às quais a empresa pagará pela armazenagem.

A indústria foi dimensionada para operar oito horas por dia, com exceção do setor de destilação que irá operar 24 horas. O número de funcionários necessários para operar a unidade industrial, bem como as funções que irão desempenhar, estão nominados no Quadro 1.

Quadro 1 - Quadro de funcionários.

Cargo	Funcionários/dia	Funcionários/noite
Encarregado de Recebimento de Matéria-prima	2	-
Engenheiro	1	-
Técnicos de Manutenção	2	-
Operadores de Caldeira	2	1
Auxiliares de produção	7	2
Gerente de Vendas	1	-
Analista de Recursos Humanos	1	-
Auxiliar financeiro	1	-
Auxiliar administrativo	1	-
Diretoria	1	-
Auxiliar de Limpeza	3	-
Analista de Logística	1	-
Operador de Empilhadeira	1	-
Total		27

Fonte: Os autores (2019).

2.3.6 Sistema de prevenção e combate a incêndio, acidentes e doenças de trabalho

A Vinocorp deverá possuir um moderno sistema de combate a incêndio englobando mecanismos como extintores, *sprinklers*, detectores de chamas e fumaça, bem como sistemas de alarme. A empresa deverá contar com uma brigada de incêndio, estruturada com os colaboradores da empresa. Além disso, o projeto da unidade industrial foi elaborado de forma

a prever rotas de fuga para colaboradores que não fazem parte da brigada de incêndio, bem como visitantes (HIDROMON, 2019).

Após implantação da unidade industrial será estruturada uma CIPA (Comissão Interna de Prevenção de Acidentes). A saúde dos trabalhadores deverá ser acompanhada por profissionais de empresas terceirizadas a serem contratadas.

A fim de extinguir o fogo, deve-se usar quaisquer métodos satisfatórios. Em pequenos incêndios deve-se utilizar pó químico, CO₂ ou neblina de água. Em caso de grandes incêndios, utilizar pó químico, CO₂, jato ou líquido gerador de espuma. É importante confinar as águas residuais de controle do fogo, não permitindo que o material se espalhe.

As pessoas envolvidas no combate a incêndio devem usar roupas protetoras aprovadas pelo Ministério do Trabalho, além disso, usar máscara de proteção autônoma contra gases emitidos pelo produto. Embora o ácido tartárico não seja inflamável, caso seja envolvido por fogo, pode emitir gases tóxicos, irritantes e corrosivos, podendo se decompor no ponto de fusão (190 °C). Ademais, o produto não é considerado explosivo (VERONESE, 2015).

Algumas precauções pessoais devem ser tomadas para o controle caso haja derramamento ou vazamento do produto. Os colaboradores devem usar roupas, acessórios e equipamentos de proteção individual (EPI's), como óculos de segurança de ampla visão, luvas e protetores de braços e respiradores pessoais semifacial com filtro mecânico. Os possíveis vazamentos devem ser represados com diques a fim de prevenir que estes sigam para esgotos e vias fluviais. As embalagens devem ser viradas para parar o vazamento e o material deve ser colocado em recipientes adequados para posterior tratamento e disposição, e os resíduos devem ser descartados conforme a legislação (VERONESE, 2015).

Para a limpeza deve-se absorver o produto em estado seco, proceder à eliminação de resíduos e, por fim, efetuar a limpeza. Em procedimentos de emergência, é necessário interromper a energia elétrica e desligar fontes que possam ser geradoras de faíscas e retirar materiais que possam causar princípios de incêndio. Por fim, deve-se assegurar uma ventilação adequada para evitar a formação de pó prevenindo os colaboradores de perigos secundários (VERONESE, 2015).

2.3.7 Exigências Legais

O Decreto N° 38.988, de outubro de 1998, aprovou o regulamento da lei N° 10.989 de 13 de agosto de 1997, a qual dispõe sobre a produção, circulação e comercialização da

uva, do vinho e derivados da uva e vinho, bem como outras providências (RIO GRANDE DO SUL, 1998). Segundo o artigo 26 desta lei:

“A circulação de vinhos em elaboração, borras líquidas, bagaço e mosto contendo ou não bagaço, só é permitida nas zonas de produção, entre estabelecimentos da mesma empresa ou para estabelecimento de terceiros quando se tratar de simples depósito, com prévia autorização do órgão fiscalizador (RIO GRANDE DO SUL, 1998).”

Ainda nesta mesma lei, o artigo 27 estabelece que a circulação e a comercialização da borra ou do bagaço só serão permitidas quando estes forem destinados a estabelecimentos registrados na zona de produção, para efeito de filtragem ou para produção de ácido tartárico, sais, rações, óleos de sementes, enocianina e adubo (RIO GRANDE DO SUL, 1998).

O parágrafo único da lei determina que:

A enocianina não poderá ser extraída no estabelecimento vinificador (RIO GRANDE DO SUL, 1998).

Por fim, os artigos 28 e 30 determinam que só será permitida a filtragem de borra no estabelecimento produtor de vinho e derivados de vinho e da uva. Deste modo, é permitida a venda ou doação do bagaço de uva ao agricultor (RIO GRANDE DO SUL, 1998).

2.3.7.1 Licenciamento ambiental

As diferentes licenças, necessárias para o pleno funcionamento da unidade industrial, serão elaboradas e encaminhadas pelos sócios proprietários do empreendimento. As licenças necessárias serão elencadas na sequência do projeto.

2.3.7.1.1 Licença prévia (LP)

Deve ser solicitada na fase preliminar, ou seja, no planejamento do projeto que avaliará a viabilidade ambiental do local proposto para a implantação ou ampliação do empreendimento (FEPAM, 2016). Além disso, avalia a localização e a concepção, estabelecendo os requisitos básicos para as próximas fases (SEBRAE, 2004).

A licença prévia funciona como um alicerce para a edificação de todo o empreendimento. De início o órgão licenciador determina a adEquação da área sugerida para a instalação da empresa, onde o estudo é baseado no Zoneamento Municipal. Este estudo é

de suma importância para que no futuro não seja necessária a realocação ou a aplicação de sanções, como multas e interdição da atividade (SEBRAE, 2004).

Nesta etapa podem ser requeridos estudos ambientais complementares, tais como Estudo de Impacto Ambiental e o Relatório de Impacto Ambiental, os quais são exigências legais, instituídas pela Resolução CONAMA 001/86 e o Relatório de Controle Ambiental, quando forem necessários. Baseados nestes estudos, o órgão fiscalizador define as condições nas quais a atividade deverá se enquadrar a fim de cumprir as normas ambientais vigentes (SEBRAE, 2004).

2.3.7.1.2 Licença de instalação (LI)

Após o detalhamento do projeto inicial e definidas as medidas de proteção ambiental, a Licença de Instalação (LI) deve ser solicitada. A concessão autoriza o início da construção do empreendimento e a instalação dos equipamentos. A execução deve seguir o modelo apresentado, quaisquer alterações na planta ou nos sistemas instalados, devem ser formalmente enviadas ao órgão licenciador para posterior avaliação (SEBRAE, 2004).

2.3.7.1.3 Licença de operação (LO)

Deve ser solicitada após o término das obras de instalação do empreendimento. Nesta licença estarão estabelecidas condicionantes ambientais para a operação (FEPAM, 2016). Os métodos de controle e as condições de operação estão determinados nesta licença (SEBRAE, 2004).

2.3.7.2 Comissão Interna de Prevenção de Acidentes - CIPA

Conforme a norma regulamentadora NR5, uma empresa deve contar com uma Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA) quando apresenta quadro de funcionários superior a 20 colaboradores. O objetivo da CIPA é a prevenção de acidentes e doenças decorrentes do trabalho. Desta forma, torna-se compatível permanentemente o trabalho com a preservação da vida e a promoção da saúde do trabalhador.

Sendo assim, a Vinocorp contará com uma CIPA com um integrante efetivo e um suplente, considerando a indústria como alimentícia de acordo com a NR5. Os representantes dos empregadores, titulares e suplentes, serão por eles designados.

2.4 MODELO DE NEGÓCIOS

O modelo de negócios, conhecido como Canvas, foi elaborado com a finalidade de conhecer as necessidades para o bom funcionamento do empreendimento a ser implantado. Conforme a Figura 3, têm-se nove blocos que formam a conceitualização do negócio, definindo os principais fluxos e processos, além de permitir uma análise e visualização do modelo de atuação no mercado (SEBRAE, 2019).

Figura 3 - Modelo de negócios Canvas.



Fonte: Friends (2019).

2.4.1 Proposta de valor

A Vinocorp terá por objetivo a comercialização de ácido tartárico e antocianina, um corante natural, ambos de alta pureza (99%), obtidos a partir do processamento da borra proveniente dos subprodutos da vinificação. Estes produtos terão como diferencial a origem natural, podendo ser utilizados nas indústrias alimentícia, farmacêutica, cosmética, de construção e do setor químico. Ambos são produtos considerados ecologicamente corretos, pois provém do aproveitamento de resíduos da fabricação de vinhos, agregando valor a um subproduto e evitando impacto ao meio ambiente.

2.4.2 Segmento de clientes

Os principais usuários dos produtos desenvolvidos pela Vinocorp serão empresas do setor alimentício, farmacêutico e a indústria química em geral. O ácido tartárico também será ofertado para empresas produtoras de cimento, gesso e indústria têxtil, onde é empregado como mordente.

2.4.3 Relacionamento com clientes

A comercialização dos produtos da Vinocorp deverá ser realizada por uma equipe de profissionais treinados que realizarão visitas aos clientes. Os produtos também serão disponibilizados em grandes atacados que os distribuem a empresas dos setores que serão atendidos pelo empreendimento. O pós-venda deverá ser realizado através do serviço de atendimento ao consumidor (SAC), estabelecendo um contato direto para resolver os possíveis problemas. Também haverá contato pelo site de vendas, no qual haverá uma equipe disponível para sanar as dúvidas e problemas que possam vir a ocorrer.

2.4.4 Canais

Os produtos comercializados deverão ser entregues por transportadoras parceiras da Vinocorp ou transportadora contratada pelo cliente.

2.4.5 Atividades principais

A principal atividade da indústria será a produção de ácido tartárico e de antocianina de origem natural, agregando valor aos subprodutos da vinificação.

2.4.6 Recursos principais

Os recursos podem ser divididos em quatro segmentos, sendo eles, intelectuais, físicos, humanos e financeiros. Os recursos intelectuais são os colaboradores com um certo nível de especialização superior em determinada área. Os recursos físicos são os equipamentos, os imóveis e as mobílias. Os recursos humanos são os outros colaboradores

que não necessitam de uma especialização para as operações. E por fim, os recursos financeiros que são os empréstimos, o capital próprio, familiares, investidores, entre outros (AGUIAR, 2016).

Sendo assim, na Vinocorp, os recursos intelectuais e humanos seriam todos os colaboradores, sendo que alguns possuem especializações como engenheiros e analistas, por exemplo. Por sua vez, os recursos físicos seriam a parte do imóvel e dos equipamentos e os recursos financeiros seriam os investimentos para implementação da indústria.

2.4.7 Parcerias principais

As principais parcerias do empreendimento serão as vinícolas da Serra Gaúcha que fornecerão a matéria-prima necessária para a produção de ácido tartárico e antocianina.

2.4.8 Estrutura de custos

Os custos com o projeto podem ser divididos em custos fixos e variáveis, nos quais os fixos envolvem os custos operacionais e de implantação da indústria, bem como, os custos com a depreciação dos equipamentos e os pagamentos para os colaboradores. Já os custos variáveis são aqueles correspondentes ao consumo de utilidades como água, combustível e eletricidade, além do consumo de matérias-primas.

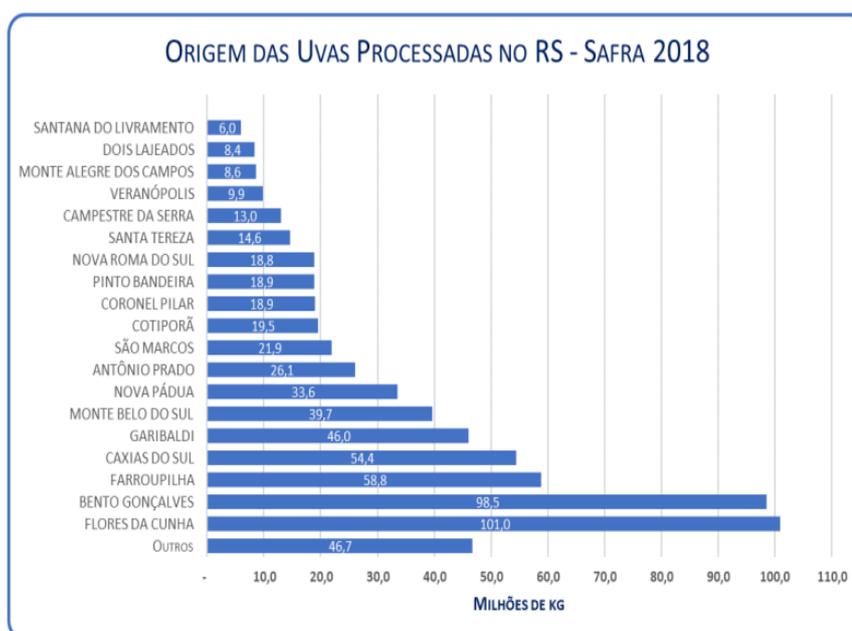
2.4.9 Fontes de receita

A venda do ácido tartárico e da antocianina será a fonte de renda do empreendimento. A determinação da valorização perante os possíveis clientes foi feita a partir de uma pesquisa de preços no varejo e atacado.

3. MATÉRIAS-PRIMAS

Entre as frutas mais cultivadas em todo o mundo, a uva ganha destaque em função das extensas áreas de cultivo em diversos países (MELLO, 2018). No Brasil, o Rio Grande do Sul é o maior produtor tanto da fruta como de derivados, como vinho e suco. De acordo com o IBGE, do total de 1.680.000 toneladas produzidas no país no ano de 2017, aproximadamente 960.000 toneladas foram produzidas no estado do Rio Grande do Sul, sendo os municípios da Serra Gaúcha os maiores produtores. Conforme o Instituto Brasileiro do Vinho, Bento Gonçalves e Flores da Cunha foram os municípios que tiveram as maiores safras em 2018 de acordo com a Figura 4.

Figura 4 - Origem das Uvas Processadas no RS - Safra 2018.



Fonte: IBRAVIN (2018).

3.1 BORRA

De acordo com o Regulamento (CE) 1493/99, o resíduo mantido nos recipientes que contenham vinho após a fermentação, filtração ou centrifugação, bem como os resíduos depositados nos recipientes que contenham mostos de uvas, é definido como borra de vinho (DA SILVA, 2003).

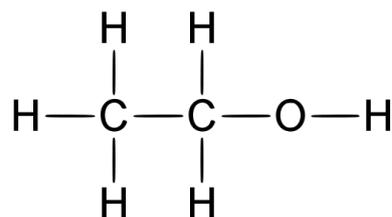
Vários fatores são essenciais para quantificação de borras obtidas anualmente, como estado de maturação, estado higiênico dos bagos, técnicas de vinificação e fatores climáticos. Por causa das interferências causadas por esses fatores, é difícil definir um valor preciso para o rendimento em borras. Aproximadamente, uma quantidade de 140 kg de uvas produz 100 L de vinho, 5,5 kg de borras com 4,5 % de álcool (ANGIONI et al., 1997 *apud* DA SILVA, 2003).

Os principais constituintes desse subproduto do processo de vinificação são: 70 a 90% de vinho, 6,5 a 7,5% de substâncias que incluem sedimentos vegetais (grainha, casca e engaço) e de terra, 2,5% a 4% de substâncias tartáricas (cristais de bitartarato de potássio e tartarato de cálcio), 4 a 5% de leveduras presentes na fermentação, sílica, fosfato de cálcio, ácido pécico e pectato de cálcio, ácido fosfórico e sulfatos (PATO, 1988 *apud* DA SILVA, 2003).

3.2 ETANOL

O etanol é adicionado ao tanque (T01) no início da operação e após, só será reposta a quantidade de etanol perdida durante o processo. Será empregado etanol 95% (v/v), densidade relativa na faixa de 790 a 793 kg/m³, líquido incolor com ponto de ebulição de 78,3 °C. O armazenamento deve ser inspecionado periodicamente a fim de evitar danos ou vazamentos, e a temperatura de armazenagem deve estar entre 15 e 25 °C (ANIDROL, 2014). O tanque de etanol, juntamente com os tanques de ácido sulfúrico e cloreto de cálcio, estarão dentro de uma barreira de contenção, pois se houver qualquer vazamento, essa mistura possuirá uma canalização direta com a lagoa de estabilização e, assim, esse efluente não contaminará o meio ambiente. A fórmula química desta matéria-prima está apresentada na Figura 5.

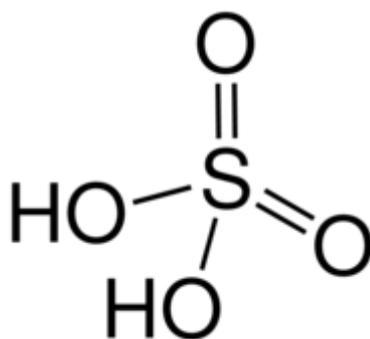
Figura 5 - Fórmula química do etanol.



3.3 ÁCIDO SULFÚRICO

O ácido sulfúrico será utilizado como reagente juntamente com o tartarato de cálcio que, por sua vez, formam o ácido tartárico e o sulfato de cálcio. No processo, utilizou-se o ácido sulfúrico 98% na mistura sendo este em 5% de excesso. O ácido sulfúrico é apresentado no estado líquido com ponto de fusão de 10 °C, ponto de ebulição de 290 °C e densidade igual a 1.835 kg/m³ nas condições normais de temperatura e pressão (USIQUÍMICA, 2014). A fórmula química desta matéria-prima está apresentada na Figura 6.

Figura 6 - Fórmula química do ácido sulfúrico.



Fonte: ChemSource (2019).

O ácido sulfúrico é estável quando armazenado em temperatura ambiente e em equipamentos fechados, sob condições normais de estocagem e manuseio. O tanque deve ser de material especificado compatível com ácido sulfúrico como o aço carbono – ASTM – A – 283 + revestimento de borracha + tijolo antiácido, enquanto as tubulações devem ser de ferro fundido (USIQUÍMICA, 2014).

3.4 CLORETO DE CÁLCIO E HIDRÓXIDO DE CÁLCIO

O cloreto de cálcio e o hidróxido de cálcio são adicionados ao bitartarato de potássio gerando como produtos tartarato de cálcio, cloreto de potássio e água. O cloreto de cálcio é adicionado com a intenção de aumentar a eficiência da reação, ao liberar mais íons Ca²⁺.

O cloreto de cálcio (CaCl₂) pode variar de massas granuladas, brancas, porosas ou cristais brancos. O ponto de fusão é de 260 °C e entre os cloretos alcalinos é o mais solúvel em água, liberando calor quando solubilizado. É estável em condições normais de uso e

armazenamento, por absorver umidade, deve-se armazená-lo em locais secos e longe de fontes de calor (QUIMIDROL, 2007).

As condições de armazenamento devem ser obedecidas, sendo assim, deve-se armazenar o produto em local coberto e ventilado, evitar o sol, chuva e fontes de calor e ambiente muito úmido. A embalagem recomendada são sacos de polietileno que se fechem hermeticamente (TIOSERTEC, 2010).

O hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2) possui aspecto sólido de cristais brancos, ponto de fusão de 550 °C e densidade é de 1.510 kg/m³. O produto é quimicamente estável em condições ambiente padrões, contudo, deve-se evitar a luz solar direta, calor, chamas, superfícies aquecidas e umidade. O armazenamento deve ser feito em contêineres apropriados feitos de materiais compatíveis, e a altura deve ser conveniente (ANIDROL, 2014).

4. DEFINIÇÃO DOS PRODUTOS

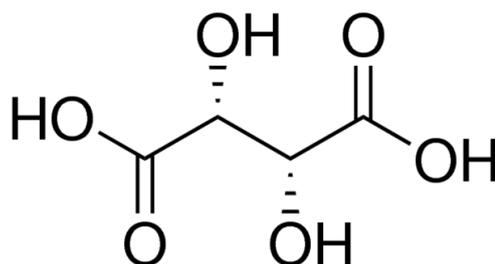
4.1 ÁCIDO TARTÁRICO

O ácido tartárico a ser obtido deverá possuir grau de pureza para satisfazer as exigências técnicas para emprego na indústria de alimentos. Além disso, busca-se contemplar as especificações da *British Pharmacopeia* (BP) e da *United States Pharmacopeia* (USP), de modo que o mercado externo também possa ser atendido. O ácido tartárico pode ser chamado de Ácido 2,3-dihidroxiбутanodioico, sendo que o nome químico é Ácido L (+) Tartárico, E334, e o número CAS (Chemical Abstracts Service) é 87-69-4.

4.1.1 Características físico-químicas

As principais funcionalidades do ácido tartárico são como acidulante, sequestrante e agente flavorizante. A validade estimada é de 2 anos após a data de fabricação, considerando armazenagem adequada em um local ventilado, seco e livre da exposição direta ao sol e/ou calor. Caracteriza-se como um pó cristalino monocíclico, incolor, inodoro e de sabor ácido agradável. Por fim, a embalagem para comercialização pode ser em sacos plásticos de 25 kg, bem como em big-bags. As funções presentes na estrutura, representadas pela Figura 7, são o ácido carboxílico e o álcool.

Figura 7 - Estrutura molecular do ácido tartárico.



Fonte: Sigma Aldrich (2019).

As principais características físico-químicas deste ácido são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Especificações do ácido tartárico.

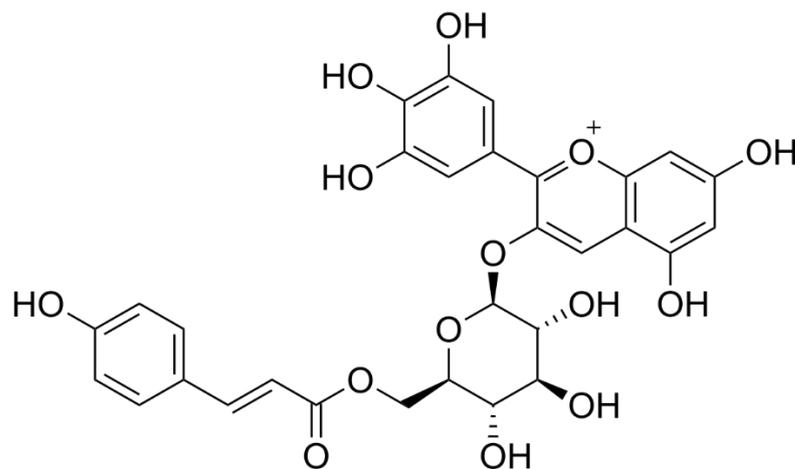
Análise	Especificação
Pureza (%)	99,0 – 100,0
Perda por dessecação (%)	máx. 0,2
Sulfato (ppm)	máx. 150
Metais pesados (como Pb) (ppm)	máx. 10
Ferro (ppm)	máx. 10
pH (solução 10%)	Mín. 1,50 – máx. 2,50

Fonte: Veronese Chemical Products (2012).

4.2 ANTOCIANINAS

Após a clorofila, as antocianinas são o mais importante grupo de pigmentos de origem vegetal (HARBORNE & GRAYER, 1988). Destacam-se, pois são bastante solúveis em água e estão presentes em grandes quantidades em plantas do tipo angiospermas. As antocianinas são da classe dos flavonoides que apresentam como estrutura básica o cátion 2-fenilbenzopirílio ou, mais especificamente, cátion flavílio. A estrutura mais comum que é responsável pela pigmentação dos vinhos tintos é a malvidina-3-O-(6-p-coumaroil)-glucósido, representada na Figura 8.

Figura 8 - Malvidina-3-O-(6-p-coumaroil)-glucósido.



Fonte: INIAV (2018).

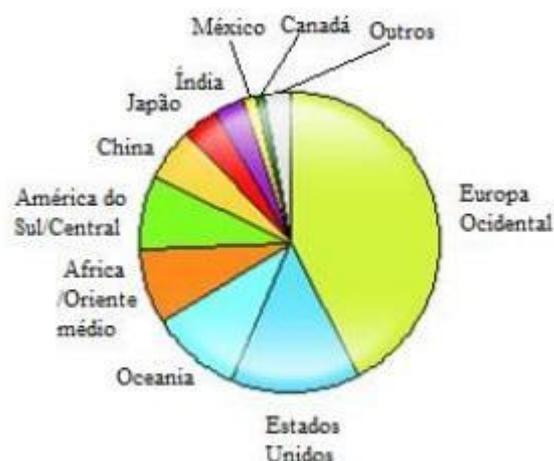
4.3 ANÁLISE DE MERCADO

4.3.1 Ácido tartárico

O consumo de ácido tartárico em bebidas (principalmente no vinho) e em alimentos representou 56% do consumo mundial em 2016, sendo que para este consumo existe a previsão de crescimento a uma taxa média anual de 3% até 2021, de acordo com IHS Markit. Em 2016, a Europa representou 35% do consumo mundial, seguido pela América do Norte, China e outros países asiáticos. Segundo o Chemical Economics Handbook CEH (2010), o crescimento do consumo de ácido tartárico se deve, principalmente, ao aumento do consumo de vinho nos Estados Unidos, América do Sul, Austrália, Oriente Médio, África (principalmente África do Sul) e Ásia Maior, além de maior consumo na indústria farmacêutica, principalmente na China.

De acordo com a Figura 9, têm-se como maiores consumidores mundiais de ácido tartárico a Europa, os Estados Unidos e a Oceania, respectivamente.

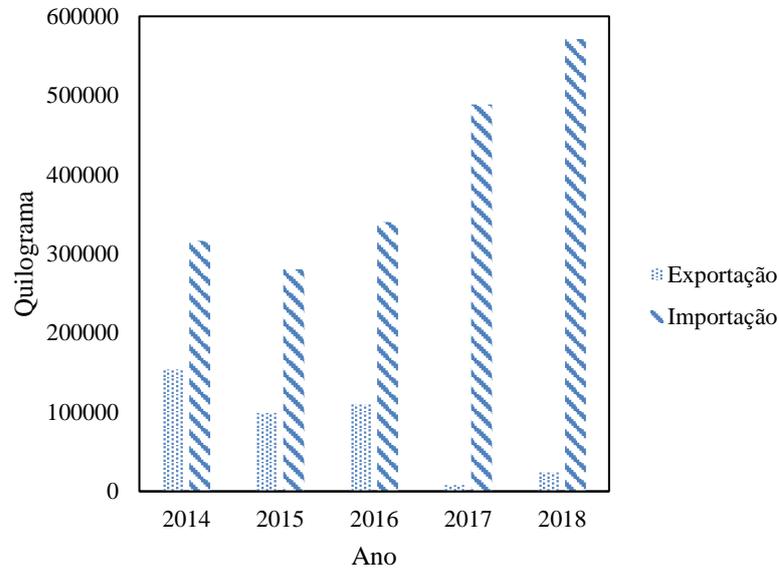
Figura 9 - Consumo mundial de ácido tartárico em 2009.



Fonte: Adaptado de Chemical Economics Handbook (2010).

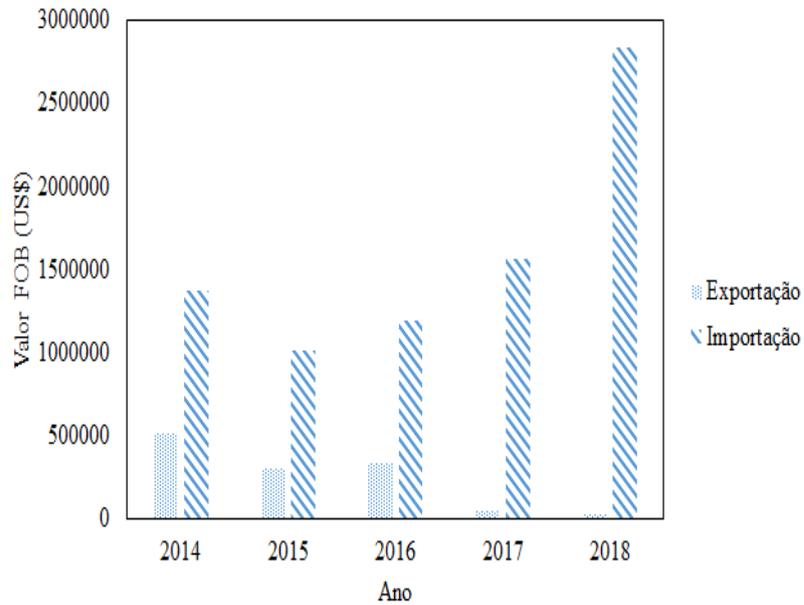
Nas Figuras 10 e 11, têm-se o peso em quilogramas e o valor FOB (*free on board*) em dólares dos últimos cinco anos para o ácido tartárico. Sendo assim, o valor FOB significa que o responsável pela mercadoria até o transporte é o exportador (IPEA, 2006).

Figura 10 - Peso em quilogramas de ácido tartárico de 2014 a 2018.



Fonte: Adaptado de Comex Stat (2019).

Figura 11 - Valor FOB em dólares de ácido tartárico de 2014 a 2018.



Fonte: Adaptado de Comex Stat (2019).

Deve-se notar que os gráficos gerados não apresentam diferenciação entre a origem deste produto, ou seja, não é possível dizer se a origem é natural ou artificial cujo valor é

mais acessível. Pode ser verificada uma tendência nas Figuras 10 e 11, nas quais o peso líquido em quilogramas e o valor FOB apresentaram um valor crescente a partir de 2016.

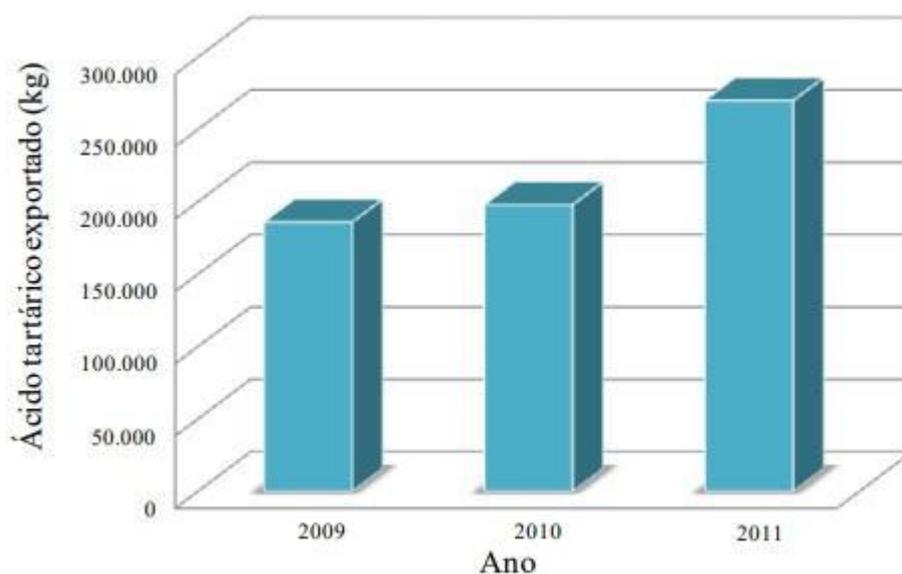
A exportação, no entanto, teve um comportamento contrário, devido aos fortes concorrentes mundiais que produzem o ácido tartárico. Os países europeus possuem um setor mundial consolidado na produção de vinhos e, conseqüentemente, possuem tecnologias para produzir ácido tartárico natural. Já no caso da China, há a disputa financeira, uma vez que estes produzem ácido tartárico sintético.

4.3.1.1 Principais Concorrentes

A Veronese Produtos Químicos, fundada em 1911, se mostra, atualmente, como a principal concorrente, visto que é a única empresa brasileira que produz ácido tartárico. A sede está localizada na cidade de Caxias do Sul, no estado do Rio Grande do Sul, sendo uma empresa de capital nacional. A empresa, além de atender o mercado nacional, vem ganhando espaço cada vez mais significativa no mercado mundial, exportando os produtos para diversos países e, construindo uma marca sólida no segmento de insumos para a indústria de alimentos e de bebidas.

Através da Figura 12, têm-se a quantidade de ácido tartárico exportado pela Veronese nos anos de 2009 a 2011.

Figura 12 - Quantidade de ácido tartárico exportado pela Veronese.



Assim como a Europa e Estados Unidos são os principais consumidores de ácido tartárico, estes também são os principais parceiros comerciais da empresa, sendo que nos anos de 2009 a 2011 foram exportados para esses lugares 88% das exportações totais da empresa, conforme apresentado na Figura 13.

Figura 13 - Percentual acumulado de exportação.



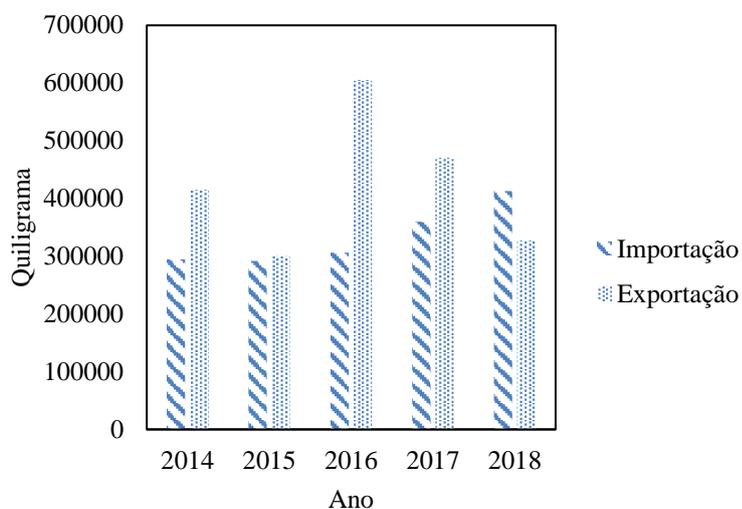
Fonte: Veronese (2012).

4.3.2 Antocianinas

Elas são empregadas na indústria, principalmente, para as aplicações na fabricação de vinhos e corantes naturais, também são utilizadas na área de ensino em química, servindo de indicadores de pH (KATO et al., 2012).

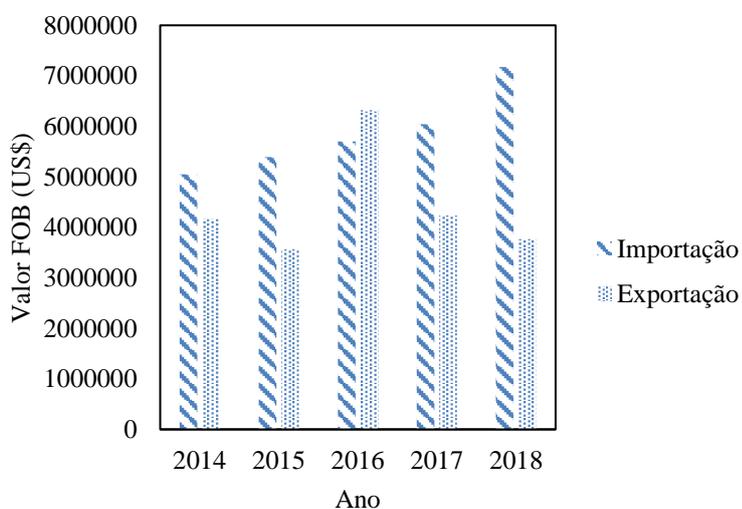
Assim como para o ácido tartárico, analisou-se a o peso líquido em quilogramas (Figura 14) e o valor FOB (Figura 15) em dólares dos últimos cinco anos para a antocianina.

Figura 14 - Peso em quilogramas de antocianina de 2014 a 2018.



Fonte: Adaptado de Comex Stat (2019).

Figura 15 - Valor FOB em dólares de antocianina de 2014 a 2018.



Fonte: Adaptado de Comex Stat (2019).

De acordo com as Figuras, nota-se que na importação da antocianina houve um aumento gradual. Já no caso da exportação, os maiores valores obtidos para os dois itens avaliados foram no ano de 2016, tendo um decréscimo logo em seguida e aumentando novamente no ano seguinte.

4.3.2.1 Principais concorrentes

Uma das principais concorrentes da Vinocorp no comércio de antocianina é a Döhler Natural Food and Beverage Ingredients, localizada em Limeira no estado de São Paulo, Brasil. Por ser uma multinacional, a Döhler também está competindo no exterior. Já em âmbito internacional, há a Flavorix Alimentícios S.A. localizada em Madri na Espanha, sendo esta uma forte concorrente da Vinocorp.

5. DEFINIÇÕES DO PROCESSO

5.1 ROTAS TECNOLÓGICAS

5.1.1 Síntese química

Uma rota de origem sintética para produção do ácido tartárico em grande escala para fins comerciais foi descrita por Church no ano de 1951. Esta síntese é realizada a partir do ácido maleico substância derivada do petróleo. Essa rota consiste na hidroxilação do ácido maleico ($C_4H_4O_4$) com peróxido de hidrogênio (H_2O_2), na presença do ácido tungstíco (H_2WO_4) como agente catalisador. O composto intermediário formado, ácido cis-epóxi succínico ($C_4H_4O_5$), é hidrolisado para a formação do ácido tartárico. A solução formada é concentrada e o produto é cristalizado em baixa temperatura e seco, obtendo-se ácido tartárico de alta pureza (DA SILVA, 2017).

5.1.2 Síntese Biotecnológica

Outra rota para a obtenção do ácido tartárico a partir do ácido cis-epóxi succínico é através da fermentação, onde adiciona-se uma enzima capaz de hidrolisar o grupo epóxi do ácido. Essa enzima pode ser proveniente de diversas espécies como *Nocardia*, *Acetobacter*, *Corynebacterium*, *Acinetobacter*, *Agrobacterium*, *Rhizobium*, *Pseudomonas* e *Rhodococcus*. Essa rota possui como vantagens o baixo custo, abundância do ácido epóxi succínico e alta seletividade da biotransformação em ácido L (+)-tartárico (DA SILVA, 2017).

O microrganismo é incubado em meio de cultura e adiciona-se uma solução de ácido cis-epóxi succínico. A enzima hidrolase ácido cis-epóxisuccínico catalisa a hidrólise do ácido cis-epoxisuccínico racêmico para a forma ácido L (+)-tartárico. Caso não haja cálcio, deve-se adicionar cloreto de cálcio ou outro sal de cálcio à solução. Os cristais de tartarato de cálcio formados são separados por filtração e a recuperação do tartarato em ácido tartárico é realizada em uma resina de troca iônica (DA SILVA, 2017).

5.1.3 Síntese da Vinocorp

A rota escolhida para a produção de ácido tartárico pela Vinocorp é do tipo natural e sua escolha foi motivada pela existência de trabalhos acadêmicos com diversas informações

pertinentes que nortearam a concepção do projeto industrial. Além disso, verificou-se tanto pela literatura quanto por pesquisas junto a outras empresas, que esta rota já é empregada de forma efetiva para produção de ácido tartárico. O processo consiste essencialmente em uma etapa inicial de solubilização da antocianina, como meio de removê-la da solução e gerar um produto adicional, e é sucedido pela conversão do bitartarato de potássio em tartarato de cálcio, que por sua vez é convertido em ácido tartárico com pureza de 99%. O processo é descrito em mais detalhes nos itens 6.1 e 6.2.

5.2 DEFINIÇÃO DA ESCALA

De acordo com a EMBRAPA (2015), a quantidade total de uvas produzidas no ano foi 625.655,63 toneladas, no entanto, somente 4% dessa quantidade vira borra com 50% de umidade (BAI et al., 2008). Sendo assim, cerca de 25.026,23 toneladas de matéria-prima estará disponível durante todo o ano.

Devido ao alto custo com o transporte dessa matéria-prima, estimou-se que 70% dela será processada pela Vinocorp. Dessa forma, serão processadas 17.518 toneladas durante um ano de produção e, por consequência, 79 toneladas diárias.

5.3 ESTRATÉGIA DE OPERAÇÃO E PRODUÇÃO

A Vinocorp irá operar cerca de 222 dias, nos meses de janeiro a novembro. Considerando 253 dias úteis por ano, 31 dias serão destinados à manutenção preventiva dos equipamentos atendendo a NBR 5462/1994 sobre a confiabilidade e mantabilidade.

A planta irá operar em sistema batelada para a produção de ácido tartárico e antocianina. Entretanto, em função da eficiência e eficácia do processo, o setor de recuperação de etanol deverá operar de forma contínua, ou seja, 24 horas por dia.

A unidade industrial foi projetada para atingir uma produção anual na ordem de 621.351 kg de ácido tartárico e 109.917 kg de antocianina. Considerando 222 dias de produção por ano, a produção diária de ácido tartárico e de antocianina deverá ser, respectivamente, de 2.799 kg e 495 kg. Essa produção deverá ser obtida em 9 horas de operação, com intervalo de 1 hora para almoço.

5.4 SISTEMA CIP

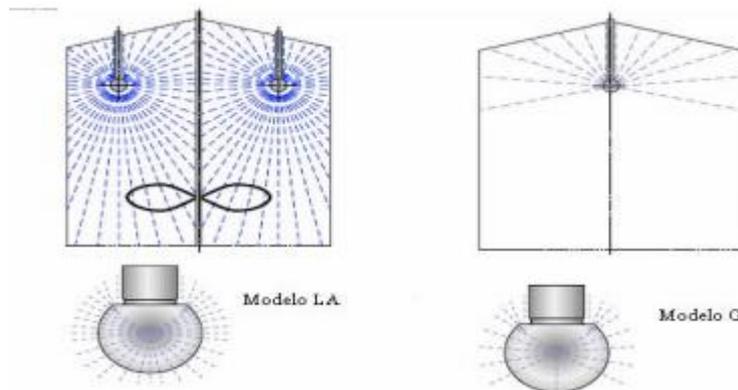
A higiene é fundamental no processo produtivo, devido ao fato dos produtos da Vinocorp, serem comercializados principalmente para indústrias farmacêuticas e alimentícias. Sendo assim, deve-se instalar o sistema de higienização chamada “Clean-in-Place”, o qual consiste na limpeza das superfícies de contato do processo (ASME BPE-2016).

Uma vez que os clientes se tornaram mais exigentes em termos de verificação e cuidados, torna-se importante a instalação a fim de garantir a alta qualidade do produto final. Além disso, a validação do CIP fornece melhorias na higiene das plantas, qualidade do produto acabado e evita contaminações microbiológicas, permitindo uma maior vida útil aos produtos (TAMIME, 2008).

Ademais o sistema CIP visa a limpeza completa de itens de circuitos de instalações, bem como tubulações sem desmontagem ou abertura de equipamentos e sem o envolvimento manual do operador. O processo envolve o jateamento, a pulverização de superfícies ou a circulação de soluções de limpeza através da planta sob condições de maior turbulência e velocidade de fluxo (TAMIME, 2008).

O processo terá quatro etapas: pré-enxágue, limpeza alcalina, limpeza ácida e enxágue final. O sistema dimensionado será constituído de 4 tanques para armazenar as soluções usadas em cada etapa e aquecê-las até 85 °C, bombas e mangueiras. Após um pré-enxágue com água por 5 minutos, a solução de NaOH a 2,5% será borrifada em todos tanques, exceto os que ficam continuamente cheios, bem como os reatores e cristalizador, através de aspersores do tipo *spray ball* por 15 minutos. No caso dos equipamentos com dispositivos internos, como impelidores, são necessários dois aspersores, cada um fornecendo metade da vazão requerida, como mostra a Figura 16.

Figura 16 - Posicionamento e quantidade de aspersores.



Fonte: Forni (2007).

Uma vez feita a limpeza no recipiente onde ocorreu a aspersão, o fluido segue pela tubulação, promovendo a limpeza e, graças a desvios, chega ao próximo equipamento onde será novamente introduzido pelo *spray ball*. Ao limpar o último equipamento da série, a solução é bombeada de volta ao tanque CIP. De forma análoga, ocorre a passagem da solução de ácido sulfúrico a 1,5% durante 15 minutos e, por fim, é feito um enxágue com água limpa por 10 minutos que é recuperada para ser usada no pré-enxágue da próxima rotina.

Esta limpeza será feita a cada 24 horas, e as soluções serão reaproveitadas em um total de 60 rotinas, com eventual correção de concentração, antes de serem encaminhadas ao sistema de tratamento, de modo que serão necessárias 2220 rotinas por ano e as soluções serão trocadas 37 vezes por ano (FORNI, 2007). Os tanques CIP terão volume de $0,5 \text{ m}^3$, o dimensionamento do sistema consta no Apêndice C.30 foi escolhido o modelo DGN da Zhangjiagang Technology Star Machinery Co, ilustrado na Figura 17.

Figura 17- Sistema CIP



Fonte: Alibaba (2019).

6. PROJETO DO PROCESSO

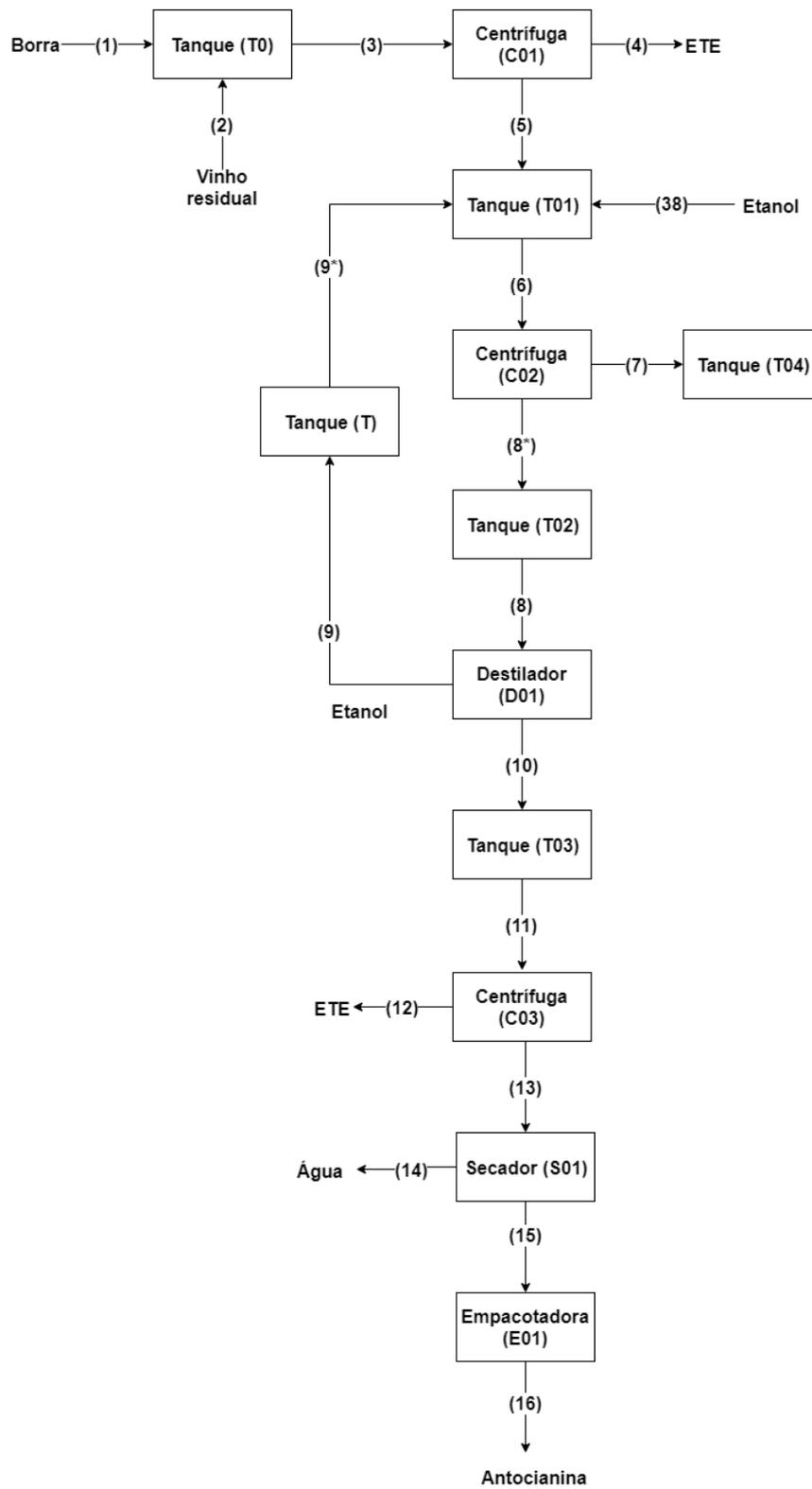
6.1 PRODUÇÃO DE ANTOCIANINA

O início do processo consiste no recebimento da borra advinda dos subprodutos das vinícolas da Serra Gaúcha. Essa borra, transportada em caminhões, será armazenada em cavidades cobertas por mantas poliméricas (T0) onde será adicionado vinho residual a fim de conservar as propriedades da matéria-prima (VENTRE, 1930). Seguindo os procedimentos para a produção de ácido tartárico, propostos por Salgado et al. (2010) e Kirk-Othmer (1999), primeiramente, será realizado o bombeamento da borra, com auxílio de uma bomba rotativa de parafuso, até a centrífuga (C01). A partir da centrifugação obtêm-se duas correntes, uma sólida e outra líquida, na qual a corrente líquida segue para a estação de tratamento de efluentes, através de tubulação adequada, uma vez que a concentração do etanol presente é muito pequena e esta solução apresentará uma coloração arroxeadada. A corrente sólida segue para tanque (T01), onde será misturada com uma corrente de etanol, advinda do tanque T, a fim de solubilizar as antocianinas presentes em solução.

Após a solubilização da antocianina, a solução deverá ser bombeada até a centrífuga (C02), sendo a corrente líquida encaminhada ao tanque (T02) que, na sequência, irá alimentar, com auxílio de bomba centrífuga, a coluna de destilação (D01) que irá operar de forma contínua. Devido ao funcionamento contínuo da coluna, será necessária a instalação de um tanque (T) com a finalidade de armazenar o produto de topo enquanto a planta não estiver em operação. A coluna de destilação (D01) tem por finalidade retirar a água misturada com o etanol que, na sequência será enviado, com auxílio de bomba centrífuga, para o tanque (T01). Em seguida, a solução contendo a antocianina e água será encaminhada para o tanque (T03), onde será resfriada a temperatura ambiente, permitindo a precipitação da antocianina visto que a solubilidade em água é muito baixa e a fração de etanol será desprezível. Na sequência, a solução contendo os cristais é bombeada até a centrífuga (C03), onde os cristais serão separados e, então, armazenados em um tanque pulmão (TP03). Deste tanque os cristais serão encaminhados ao secador (S01) com a finalidade de reduzir o teor de umidade de 47% para 1%, em base mássica. Depois disso a antocianina é encaminhada a empacotadora (E01) e levada ao setor de estocagem e expedição. O líquido que sai da centrífuga (C03) é encaminhado, através de bomba centrífuga, ao sistema de tratamento de efluentes.

6.1.1 Diagrama de blocos

Figura 18 - Diagrama de blocos da produção de antocianinas.



6.2 PRODUÇÃO DE ÁCIDO TARTÁRICO

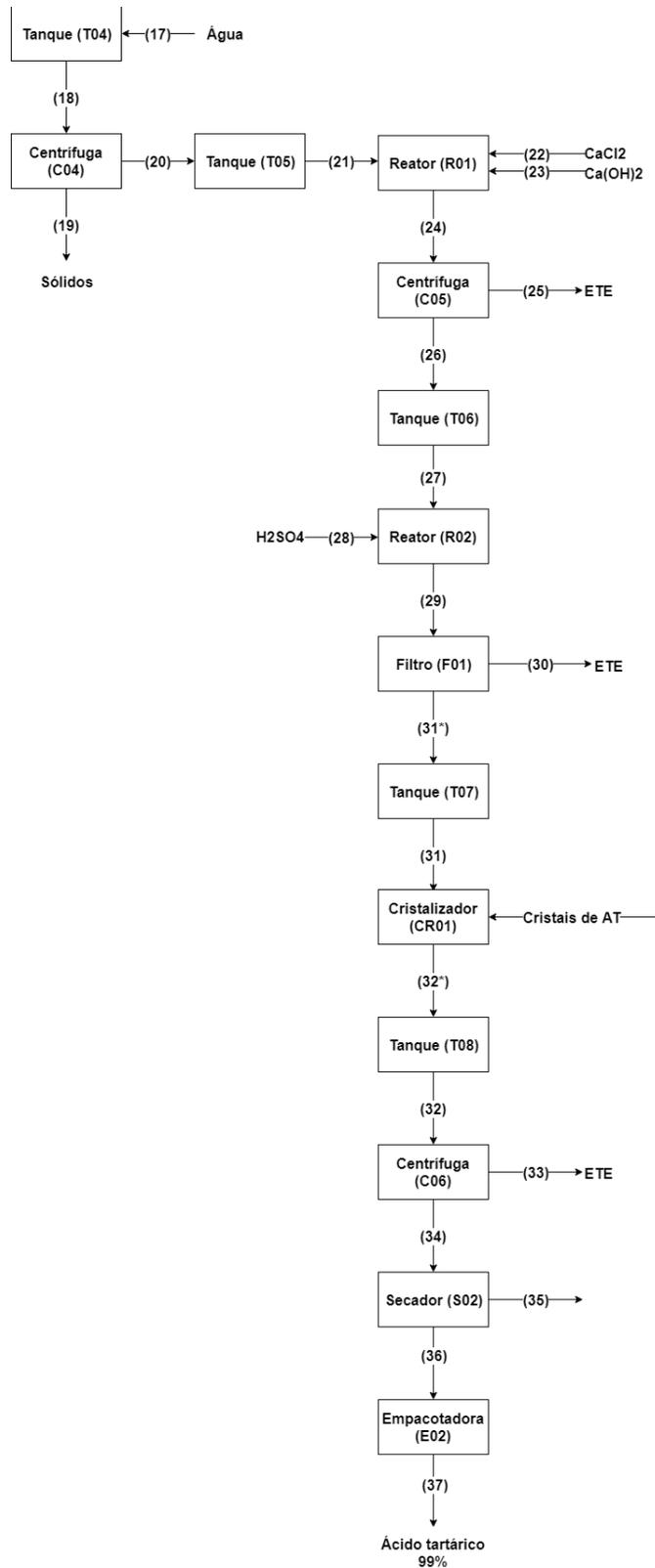
A corrente sólida que sai da centrífuga (C02) segue, através de tubulação adequada, para um tanque (T04) onde será misturada com água quente com o intuito de solubilizar o bitartarato de potássio. Após solubilização a fase sólida é removida da fase líquida com auxílio de uma centrífuga (C04) e, então, destinada à empresa terceirizada vendida como adubo orgânico. A corrente líquida, será armazenada em um tanque (T04) que irá alimentar o reator (R01), onde irá ocorrer a reação entre fontes de cálcio (hidróxido de cálcio e cloreto de cálcio) com o bitartarato de potássio, com a formação de sais de tartarato de cálcio que, por apresentarem baixa solubilidade em água, irão precipitar no meio. Na sequência, o tartarato de cálcio é separado da solução com auxílio de uma centrífuga (C05) e armazenado no tanque (T06). Já a corrente líquida segue para o tratamento de efluentes.

Na sequência o tartarato de cálcio, armazenado no tanque (T06), será transferido ao reator (R02) onde irá reagir com ácido sulfúrico hidratado e formar o ácido tartárico, mantendo-se a solução em agitação constante durante o tempo necessário para a conversão total do produto de interesse. A mistura contida no reator (R02) será encaminhada a um filtro prensa (F01) separando sólidos e líquidos. A corrente sólida seguirá para a estação de tratamento e a corrente líquida, contendo ácido tartárico e água seguirá para o tanque de armazenagem (T07). A solução contida nesse tanque será encaminhada ao cristalizador (CR01) que tem por finalidade precipitar o ácido tartárico. Para acelerar o processo de cristalização serão adicionados cristais de ácido tartárico, para atuarem como agentes nucleantes, facilitando a nucleação e conseqüente precipitação do produto final.

A seguir, há mais um tanque (T08), utilizado para armazenar o que foi gerado no cristalizador (CR01) para ser processado. Posteriormente, empregou-se a centrífuga (C06) a fim de separar os cristais de ácido tartárico da solução mãe. Com o intuito de remover a água ainda presente, os cristais passarão por um secador (S02) até atingir a umidade necessária para o produto final, reduzindo de 40 até 0,9%. Por fim, serão embalados em uma empacotadora (E02) para serem comercializados.

6.2.1 Diagrama de Blocos

Figura 19 - Diagrama de blocos da produção de ácido tartárico.



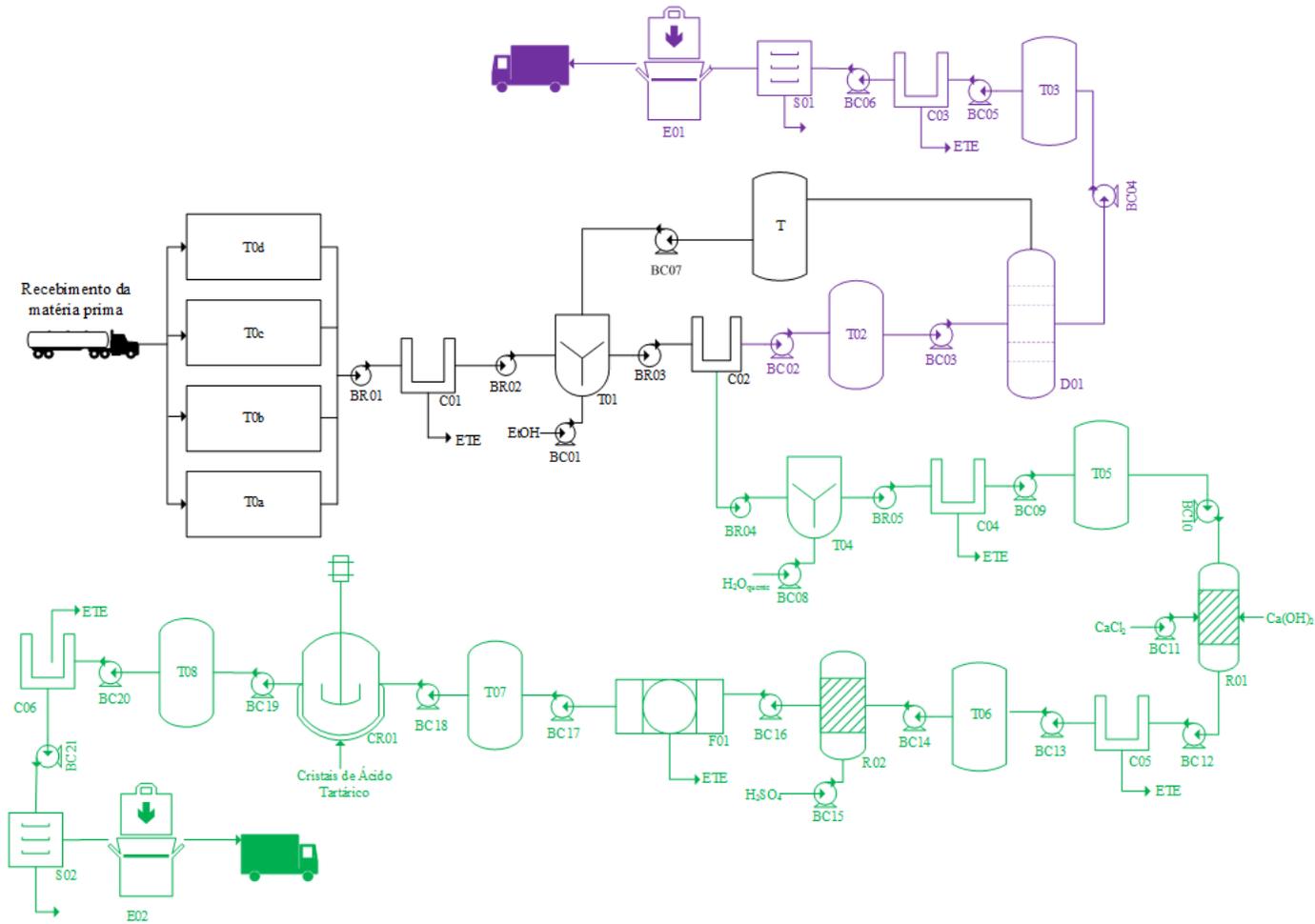
6.3 FLUXOGRAMA DO PROCESSO

O processo produtivo foi dividido em três grandes áreas, sendo elas (Figura 20):

- 1) Área 100: compreende a área comum de produção onde serão instalados os tanques de armazenamento (T0), duas centrífugas (C01 e C02) e os tanques pulmão (TP01 e TP02) e o tanque de mistura (T01);
- 2) Área 200: corresponde ao processo de produção de antocianina;
- 3) Área 300: corresponde ao processo de produção do ácido tartárico.

No fluxograma a região em preto corresponde à área 100, em roxo à área 200 e em verde à área 300. A identificação dos equipamentos está apresentada no Quadro 2.

Figura 20 - Fluxograma do processo produtivo.



Fonte: Os autores (2019).

Quadro 2 - Identificação dos equipamentos.

Código	Equipamento
T0a, T0b, T0c, T0d	Tanque de armazenamento
C01, C02, C03, C04, C05 e C06	Centrífugas
T01 e T04	Tanques agitados
T, T02, T03, T05, T06, T07, T08	Tanques de armazenamento
D01	Coluna de destilação
R01 e R02	Reatores
F01	Filtro
CR01	Cristalizador
S01 e S02	Secadores
E01 e E02	Empacotadoras
BC01 a BC21	Bombas centrífugas
BR01 a BR05	Bombas rotativas

Fonte: Os autores (2019).

6.4 ESTIMATIVA DE MATÉRIA-PRIMA

Para estimar a quantidade de matéria-prima necessária, utilizou-se os dados referentes à produção vitícola do estado do Rio Grande do Sul disponibilizados pelo Cadastro Vitícola da EMBRAPA, uma vez que, esta é responsável por maior parte da produção nacional. A compilação dos dados começou a partir da restrição da microrregião produtiva e dos municípios onde há maior produção e processamento da uva.

Uma vez definida a quantidade de uvas, foi possível estimar quanto é gerado de cada tipo de resíduo. Adotando como referência EMBRAPA (2011), assumiu-se que 20% das uvas processadas resultarão em bagaço, engaço e sementes. Segundo Bai et al. (2008), a borra com umidade de 50% gerada corresponde a aproximadamente 4% das uvas processadas, e 15% dessa borra é ácido tartárico (FENOCCHIO, 1972).

Segundo os valores referentes ao ano de 2015, a produção total de uvas na microrregião de Caxias do Sul foi de 660.426 toneladas das quais 591.007 toneladas foram utilizadas para vinificação. Com esses valores, estimou-se a geração de 118.201 toneladas de

bagajo, engajo e sementes, bem como, 23.640 toneladas de borra úmida, o que potencialmente resultaria em 3.546 toneladas de ácido tartárico ao final do processo. A Tabela 3 mostra a produção de uvas em toneladas nas cidades que pertencem à microrregião de Caxias do Sul.

Tabela 3 - Produção de Vitícola das cidades pertencentes à microrregião de Caxias do Sul.

Número	Cidade	Uvas (tonelada)
1	Antônio Prado	33.107,98
2	Bento Gonçalves	95.242,50
3	Boa Vista do Sul	1.133,90
4	Carlos Barbosa	1.774,08
5	Caxias do Sul	65.384,62
6	Coronel Pilar	20.995,48
7	Cotiporã	23.460,20
8	Fagundes Varela	4.691,18
9	Farroupilha	75.101,87
10	Flores da Cunha	104.630,75
11	Garibaldi	50.700,25
12	Monte Belo do Sul	42.142,90
13	Nova Pádua	80,69
14	Nova Roma do Sul	20.712,47
15	Santa Tereza	14.299,20
16	São Marcos	24.289,23
17	Veranópolis	11.984,35
18	Vila Flores	1.275,19
Total		591.006,82

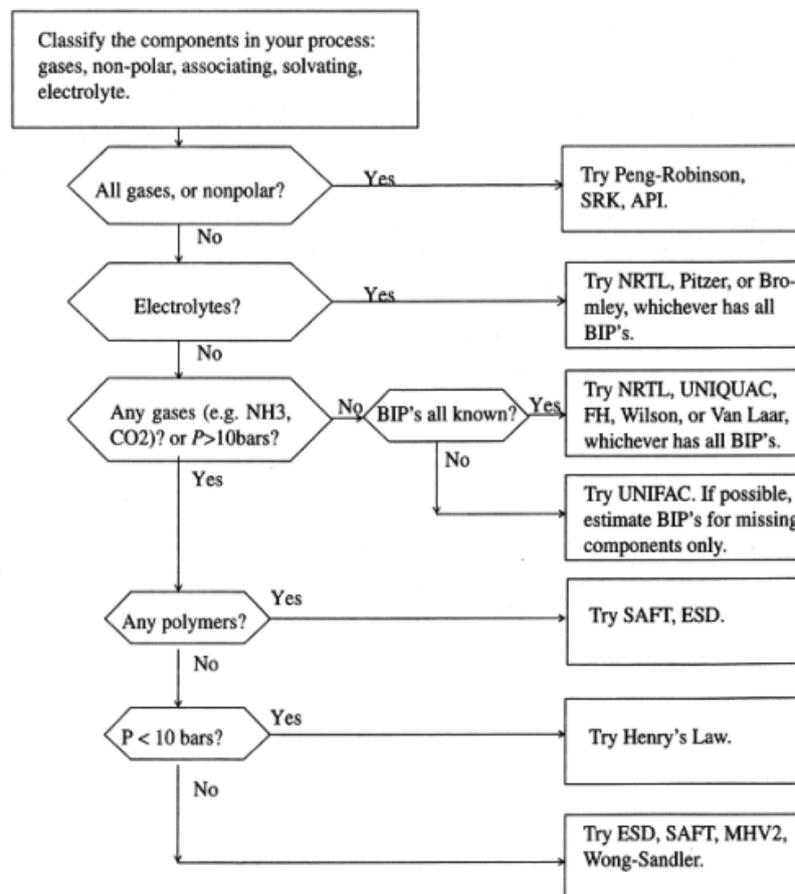
Fonte: Adaptado de Cadastro Vitícola - IBRAVIN/EMBRAPA (2015).

6.4 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

A fim de se obter o balanço de massa e energia, bem como outras propriedades do processo, usou-se um *software* para simular a produção de ácido tartárico e antocianina. O primeiro passo da simulação foi adicionar os componentes que não estavam presentes no banco de dados do programa, como o bitartarato de potássio, a antocianina e outros sólidos. Este procedimento consistiu em criar componentes sólidos hipotéticos, inserindo manualmente as massas molares, densidade, entalpia de formação e granulometria, quando disponível e, em seguida, estimar as outras propriedades físico-químicas.

O passo seguinte foi a escolha de um modelo termodinâmico adequado, optando-se pelo modelo NRTL. A escolha baseou-se no trabalho de Kopsahelis et al. (2016), que usou este modelo e também na árvore de decisão proposta por Elliot e Lira (1999 apud HAMID, 2013, p. 17), apresentada na Figura 21.

Figura 21 - Árvore de decisão para escolha do modelo termodinâmico.



Seguindo a árvore de decisão, e tendo em vista que não há componentes gasosos, e que há presença de eletrólitos como o bitartarato de potássio, o primeiro modelo a ser testado foi o NRTL, em acordo com a sugestão de Kopsahelis et al (2016). Uma vez que o comportamento da mistura água-etanol, analisado por diagramas binários, foi semelhante ao que se encontra na literatura e não se observou nenhum erro de convergência nos cálculos do software, a escolha pelo modelo termodinâmico foi mantida.

Uma vez definidos os componentes e o modelo termodinâmico, procedeu-se a inserção das reações químicas que ocorrem no processo, nos reatores R01 e R02. Na ausência de parâmetros termodinâmicos detalhados para configurar a solubilidade dos componentes inseridos, foi necessário definir reações de mudança de fase para configurar a solubilização ou precipitação. Embora estas reações não ocorram no processo real, elas não interferem significativamente no desenvolvimento da simulação e servem como artifício para driblar a indisponibilidade de certas informações.

Posteriormente, foram inseridas as operações unitárias, configurando os parâmetros de operação para cada uma. Também foram usados blocos de ajuste no programa, que são ferramentas que permitem manipular uma variável até se obter um valor desejado para outra variável. Esse procedimento permitiu encontrar a quantidade de etanol necessário para solubilizar a antocianina, a vazão de água quente para solubilizar o bitartarato de potássio, a vazão de ácido sulfúrico no reator R02, de modo que ele fosse todo consumido na reação, bem como a vazão necessária de ar para a remoção de água desejada nos secadores.

Ao finalizar o fluxograma do processo foi gerada a tabela com o balanço de massa, bem como outras tabelas referentes ao consumo energético de alguns equipamentos. Para finalizar, configurou-se as condições de cada utilidade empregada no processo a fim de obter o consumo para estimar o balanço de energia.

6.5 BALANÇO DE MASSA

De acordo com os diagramas de blocos apresentados nos itens 6.1.1 e 6.2.1, adotou-se a mesma numeração de correntes para o balanço de massa. O resultado referente ao processo está apresentado na Tabela 4 e as informações adicionais, bem como a quantidade de vinho residual necessária para a conservação da matéria-prima estão apresentadas no Apêndice A.

Tabela 4 - Balanço de massa em kg/h.

Corrente (kg/h)	3	4	5	38
Sulfato de Cálcio	-	-	-	-
Tartarato de Cálcio	-	-	-	-
Hidróxido de Cálcio	-	-	-	-
Ácido Tartárico	-	-	-	-
Ácido Sulfúrico	-	-	-	-
Água	6204,23	3364,39	2839,84	516,76
Bitartarato de Potássio	641,14	-	641,14	-
Cloreto de Cálcio	-	-	-	-
Cloreto de Potássio	-	-	-	-
Antocianina	78,91	-	78,91	-
Etanol	562,23	304,88	257,35	9818,38
Sólidos	2377,14	-	2377,14	-
Ar	-	-	-	-
Cloreto de Potássio	-	-	-	-
Fluxo Mássico Total	9863,64	3669,27	6194,37	10335,13

Corrente (kg/h)	6	7	8*	8
Sulfato de Cálcio	-	-	-	-
Tartarato de Cálcio	-	-	-	-
Hidróxido de Cálcio	-	-	-	-
Ácido Tartárico	-	-	-	-
Ácido Sulfúrico	-	-	-	-
Água	3356,59	749,83	2606,76	868,68
Bitartarato de Potássio	641,14	641,14	-	-
Cloreto de Cálcio	-	-	-	-
Cloreto de Potássio	-	-	-	-
Antocianina	78,91	17,63	61,28	20,42
Etanol	10075,72	2250,82	7824,91	2607,57
Sólidos	2377,14	2377,14	-	-
Ar	-	-	-	-
Cloreto de Potássio	-	-	-	-
Fluxo Mássico Total	16529,50	6036,55	10492,95	3496,67

Corrente (kg/h)	9	10	11	12
Sulfato de Cálcio	-	-	-	-
Tartarato de Cálcio	-	-	-	-
Hidróxido de Cálcio	-	-	-	-
Ácido Tartárico	-	-	-	-
Ácido Sulfúrico	-	-	-	-
Água	136,96	731,72	2195,21	2136,97
Bitartarato de Potássio	-	-	-	-
Cloreto de Cálcio	-	-	-	-
Cloreto de Potássio	-	-	-	-
Antocianina	-	20,42	61,27	-
Etanol	2569,52	38,05	114,12	111,10
Sólidos	-	-	-	-
Ar	-	-	-	-
Cloreto de Potássio	-	-	-	-
Fluxo Mássico Total	2706,48	790,19	2370,60	2248,07

Corrente (kg/h)	13	14	Ar ambiente 1	Ar quente 1
Sulfato de Cálcio	-	-	-	-
Tartarato de Cálcio	-	-	-	-
Hidróxido de Cálcio	-	-	-	-
Ácido Tartárico	-	-	-	-
Ácido Sulfúrico	-	-	-	-
Água	58,24	67,30	9,69	9,69
Bitartarato de Potássio	-	-	-	-
Cloreto de Cálcio	-	-	-	-
Cloreto de Potássio	-	-	-	-
Antocianina	61,27	-	-	-
Etanol	3,03	3,03	-	-
Sólidos	-	-	-	-
Ar	-	958,88	958,88	958,88
Cloreto de Potássio	-	-	-	-
Fluxo Mássico Total	122,53	1029,21	968,57	968,57

Corrente (kg/h)	15	17	18	19
Sulfato de Cálcio	-	-	-	-
Tartarato de Cálcio	-	-	-	-
Hidróxido de Cálcio	-	-	-	-
Ácido Tartárico	-	-	-	-
Ácido Sulfúrico	-	-	-	-
Água	0,62	9100,00	9849,83	1835,07
Bitartarato de Potássio	-	-	641,14	119,45
Cloreto de Cálcio	-	-	-	-
Cloreto de Potássio	-	-	-	-
Antocianina	61,27	-	17,63	3,28
Etanol	-	-	2250,82	419,34
Sólidos	-	-	2377,14	2377,14
Ar	-	-	-	-
Cloreto de Potássio	-	-	-	-
Fluxo Mássico Total	61,89	9100,00	15136,55	4754,27

Corrente (kg/h)	20	21	22	23
Sulfato de Cálcio	-	-	-	-
Tartarato de Cálcio	-	-	-	-
Hidróxido de Cálcio	-	-	-	102,70
Ácido Tartárico	-	-	-	-
Ácido Sulfúrico	-	-	-	-
Água	8014,76	8014,76	52,64	-
Bitartarato de Potássio	521,69	521,69	-	-
Cloreto de Cálcio	-	-	153,85	-
Cloreto de Potássio	-	-	-	-
Antocianina	14,34	14,34	-	-
Etanol	1831,48	1831,48	-	-
Sólidos	-	-	-	-
Ar	-	-	-	-
Cloreto de Potássio	-	-	-	-
Fluxo Mássico Total	10382,27	10382,27	206,49	102,70

Corrente (kg/h)	21+22+23	24	25	26
Sulfato de Cálcio	-	-	-	-
Tartarato de Cálcio	-	521,61	-	521,61
Hidróxido de Cálcio	102,70	-	-	-
Ácido Tartárico	-	-	-	-
Ácido Sulfúrico	-	-	-	-
Água	8067,40	8117,35	7701,01	416,34
Bitartarato de Potássio	521,69	-	-	-
Cloreto de Cálcio	153,85	-	-	-
Cloreto de Potássio	-	-	-	-
Antocianina	14,34	14,34	13,61	0,74
Etanol	1831,48	1831,48	1737,54	93,94
Sólidos	-	-	-	-
Ar	-	-	-	-
Cloreto de Potássio	-	206,67	196,07	10,60
Fluxo Mássico Total	10691,47	10691,45	9648,24	1043,22

Corrente (kg/h)	27	28	27+28	29
Sulfato de Cálcio	-	-	-	372,09
Tartarato de Cálcio	521,61	-	521,61	7,37
Hidróxido de Cálcio	-	-	-	-
Ácido Tartárico	-	-	-	410,21
Ácido Sulfúrico	-	268,06	268,06	-
Água	416,34	5,47	421,81	421,81
Bitartarato de Potássio	-	-	-	-
Cloreto de Cálcio	-	-	-	-
Cloreto de Potássio	-	-	-	-
Antocianina	0,74	-	0,74	0,74
Etanol	93,94	-	93,94	93,94
Sólidos	-	-	-	-
Ar	-	-	-	-
Cloreto de Potássio	10,60	-	10,60	10,60
Fluxo Mássico Total	1043,22	273,54	1316,75	1316,75

Corrente (kg/h)	30	31	32	33
Sulfato de Cálcio	372,09	-	-	-
Tartarato de Cálcio	7,37	-	-	-
Hidróxido de Cálcio	-	-	-	-
Ácido Tartárico	71,17	339,04	339,06	-
Ácido Sulfúrico	-	-	-	-
Água	73,19	348,62	348,62	77,28
Bitartarato de Potássio	-	-	-	-
Cloreto de Cálcio	-	-	-	-
Cloreto de Potássio	-	-	-	-
Antocianina	0,13	0,61	0,61	0,13
Etanol	16,30	77,64	77,64	17,21
Sólidos	-	-	-	-
Ar	-	-	-	-
Cloreto de Potássio	1,84	8,76	8,76	1,94
Fluxo Mássico Total	542,08	774,66	774,69	96,56

Corrente (kg/h)	34	35	36	Ar ambiente 2	Ar quente 2
Sulfato de Cálcio	-	-	-	-	-
Tartarato de Cálcio	-	-	-	-	-
Hidróxido de Cálcio	-	-	-	-	-
Ácido Tartárico	339,06	-	339,06	-	-
Ácido Sulfúrico	-	-	-	-	-
Água	271,34	318,93	3,40	50,98	50,98
Bitartarato de Potássio	-	-	-	-	-
Cloreto de Cálcio	-	-	-	-	-
Cloreto de Potássio	-	-	-	-	-
Antocianina	0,47	-	0,47	-	-
Etanol	60,43	60,32	0,11	-	-
Sólidos	-	-	-	-	-
Ar	-	5047,27	-	5047,27	5047,27
Cloreto de Potássio	6,82	-	6,82	-	-
Fluxo Mássico Total	678,13	5426,52	349,86	5098,25	5098,25

Fonte: Os autores (2019).

6.6 BALANÇO DE ENERGIA

Além de corroborar com o dimensionamento de vários equipamentos, como é apresentado no Apêndice C, o balanço de energia feito no simulador computacional, junto com dados dos catálogos em anexo, permitiu calcular as demandas de utilidades em cada equipamento, compiladas na Tabela 5. O conceito do balanço de energia pode ser verificado no Apêndice B.

Tabela 5 - Demandas energéticas por equipamento.

Equipamento	Vapor (kg/h)	Água Gelada (kg/h)	Condensado (kg/h)	Eletricidade por dia (kWh)
Bombas Total	-	-	-	499,06
Centrífuga C01	-	-	-	238,40
Centrífuga C02	-	-	-	536,80
Centrífuga C03	-	-	-	447,20
Centrífuga C04	-	-	-	536,80
Centrífuga C05	-	-	-	536,80
Centrífuga C06	-	-	-	119,20
Cristalizador CR01	-	6.607,00	-	0,53
Empacotadora E01	-	-	-	4,00
Empacotadora E02	-	-	-	4,00
Filtro F01	-	-	-	0,00
Reator R01	-	-	-	172,29
Reator R02	-	-	-	1,07
Tanque T01	-	-	-	57,39
Tanque T04	-	-	-	62,26
Tanque TCC01	-	-	-	50,57
Total	2.661,12	6.607,00	2.142,00	3266,37

Fonte: Os autores (2019).

7. PROJETO DOS EQUIPAMENTOS DA PLANTA INDUSTRIAL

7.1 CONDICIONAMENTO DAS MATÉRIAS-PRIMAS

7.1.1 Borra

Os tanques de armazenamento (T0) servirão para conservar a matéria-prima, ou seja, a borra a ser processada pela indústria. Tendo em vista que a borra é gerada durante, aproximadamente, metade do ano, será necessária uma capacidade de armazenamento somente para a metade da matéria-prima que será processada anualmente.

Segundo Jules Ventre (1930), a conservação adequada da borra pode ser efetuada através da adição do vinho residual proveniente da lavagem de tonéis de vinícolas, criando uma camada protetora que evita o contato direto com oxigênio. Assumiu-se que o vinho residual adicionado corresponderá a 10% do volume total de borra armazenada, colocado somente no primeiro uso.

Devido à grande quantidade de matéria a ser armazenada, optou-se por fazer uma escavação de quatro buracos que serão impermeabilizados com manta polimérica com o intuito de diminuir os custos de tancagem. Cada cavidade será capaz de comportar 1.656 m^3 , totalizando 6.624 m^3 de armazenagem. O detalhamento do dimensionamento do armazenamento da matéria-prima pode ser verificado no Apêndice C.6.

7.1.2 Etanol

O tanque de armazenamento de etanol, cujas informações estão na Tabela 6, terá capacidade de armazenamento de $30,3 \text{ m}^3$, cujo diâmetro e altura serão, respectivamente, de 2,44 e 6,5 metros. O dimensionamento do tanque de etanol pode ser verificado no Apêndice C.1. O tanque deverá ser construído em aço inoxidável 304 e o catálogo do tanque está apresentado no Anexo A.

Tabela 6 - Dados do tanque de etanol.

Volume de etanol (m^3)	Volume do tanque (m^3)	Altura (m)	Diâmetro (m)
22,44	30,03	6,50	2,44

Fonte: Os autores (2019).

7.1.3 Ácido sulfúrico

O tanque de armazenamento selecionado deverá ser construído em aço carbono, similar ao modelo GICSAV12K126 do fabricante General Industries Inc., com capacidade de 45 m³ e diâmetro de 3,2 metros e altura de 5,74 metros. A Figura 22 mostra o tanque de ácido sulfúrico e o catálogo está presente no Anexo B e no Apêndice C.2 é possível verificar os cálculos realizados para o dimensionamento.

Figura 22 - Tanque de ácido sulfúrico.



Fonte: General Industries Inc. (2019)

7.1.4 Cloreto de cálcio e hidróxido de cálcio

Devido à alta solubilidade, o cloreto de cálcio será previamente misturado com água em um tanque de aço inox, cujo dimensionamento pode ser verificado no Apêndice C.3. O tanque de solubilização deverá ter capacidade de 3,8 m³, com 1,83 m de diâmetro e 1,93 m de altura. O tanque fornecido será semelhante ao da empresa Mixer Direct e o catálogo está apresentado no Anexo C. O impelidor também será similar ao da Mixer Direct com 61 cm de diâmetro, de pás inclinadas e fabricado em aço inox e o catálogo está apresentado no Anexo D.

O hidróxido de cálcio será adicionado diretamente ao reator (R01) em pequenas quantidades, de forma que o armazenamento seja em bags de 25 kg com 0,35 metros de comprimento, 0,12 metros de largura e 0,55 metros de altura. Os bags facilitam o manuseio e evitam custos de tancagem, uma vez que a quantidade a ser adicionada à reação é pequena, cerca de 137 kg por batelada. Portanto, optou-se pela armazenagem durante dois meses, onde ficarão acondicionados na sala do almoxarifado, presente na área industrial.

7.2 PRODUÇÃO DE ANTOCIANINA

7.2.1 Centrífuga (C01)

A centrífuga escolhida foi similar a CS18-4 Centrífuga HC com capacidade de alimentação de 17 a 29 m³/h. Sendo assim, a capacidade de 9,43 m³/h será atendida, de modo que o tempo de operação seja de pouco mais de 25 minutos, feita de aço inoxidável possuindo partes também em aço inoxidável Duplex. Os dados do dimensionamento estão presentes no Apêndice C.7, as especificações estão presentes na Tabela 7 e o catálogo está presente no Anexo E. A Figura 23 mostra a centrífuga CS18-4.

Tabela 7 - Dados centrífuga CS18-4 Centrífuga HC.

CS18-4	
Capacidade de alimentação	17-29 m ³ /h
Peso	3720 kg
Potência total instalada	45 kW
CxLxA	4,4x1,1x1,2 m
Ângulo de descarga disponível	Sim
Sistema de lubrificação automática	Sim

Fonte: Centrisys (2019).

Figura 23 - Centrífuga CS18-4.



Fonte: Centrisys (2019).

Abaixo da centrífuga será colocado um tanque pulmão TP01 com as dimensões de 1,83 metros de diâmetro e 2,44 metros de altura. Esses valores foram retirados do catálogo

da Mixer Direct, conforme anexo F para um tanque com capacidade de 4.731,77 litros. O dimensionamento pode ser verificado no Apêndice C.7.

7.2.2 Tanque de mistura (T01)

O tanque (T01) receberá a corrente sólida proveniente da centrífuga (C01), além disso, serão adicionadas correntes contendo etanol para solubilizar as antocianinas presentes na borra. O dimensionamento do tanque (T01) consta no Apêndice C.8.2, ademais será feito de aço inox. O modelo comercial escolhido será similar ao Vertical/Above ground/Single Wall/U.L. da Southern Tank com capacidade de 22,71 m³ e o material do tanque será de aço inox. De acordo com o catálogo, pode-se obter as dimensões do tanque, sendo o diâmetro de 2,44 metros e a altura de 4,88 metros, conforme a Figura 24 e o catálogo está presente no Anexo A.

O impelidor comercial será similar ao da Mixer Direct, como mostrado na Figura 25. Ele é fabricado de aço inox com diâmetro de 86 cm e a potência do impelidor será de 9,62 hp, o catálogo está apresentado no anexo G.

Figura 24 - Tanque agitado (T01).



Fonte: Southern Tank (2019).

Figura 25 - Impelidor.



Fonte: Mixer Direct (2019).

7.2.3 Centrífuga (C02)

Após a adição do etanol, a solução passa novamente por uma centrífuga (C02), a qual separa a corrente sólida que vai para o tanque (T03) e a corrente líquida que segue para um destilador (D01). O modelo escolhido foi a CS21-4 da marca Centrisys com capacidade de 34 a 51 m³/h. Dessa forma, a capacidade de 17,94 m³/h será atendida e o tempo de operação será de aproximadamente 26 minutos. Os dados estão presentes na Tabela 8 e o catálogo no Anexo E e o equipamento está apresentada na Figura 26.

Tabela 8 - Dados da centrífuga (C02).

CS21-4	
Capacidade de alimentação	34-51 m ³ /h
Peso	4550 kg
Potência total instalada	68 kW
CxLxA	4,8x1,1x1,3 m
Ângulo de descarga disponível	Sim
Sistema de lubrificação automática	Sim

Fonte: Centrisys (2019).

Figura 26 - Centrífuga CS21-4.



Fonte: Centrisys (2019).

O tanque pulmão é fundamental para que o compressor e a produção tenham um bom desempenho, além de obter um equipamento de qualidade, resulta em vantagens e lucros à empresa (FENOX, 2019). Por este motivo, após a centrífuga (C02), haverá um tanque pulmão (TP01) com a capacidade de armazenar um volume de $8,97 \text{ m}^3$ equivalente a 30 minutos de operação. O dimensionamento deste tanque e da centrífuga podem ser verificados no Apêndice C.9.

O tanque escolhido foi similar ao tanque de aço inoxidável tipo redondo da Atanis, com capacidade de 9 m^3 com diâmetro de 2,25 metros e altura de 3,1 metros, conforme a Figura 27, além disso, o catálogo está apresentado no Anexo I.

Figura 27 - Tanque pulmão após a centrífuga (TP02).



Fonte: Atanis Tank (2019).

Também haverá um tanque pulmão TP02' com a função de armazenar os sólidos que irão para a produção de ácido tartárico. Dessa forma, o tanque terá um volume útil de $3,01 \text{ m}^3$ equivalente a 30 minutos de operação e o volume total será de $3,76 \text{ m}^3$. Logo, o escolhido

foi similar ao tanque de fundo plano da Mixer Direct com capacidade de 3,79 m³, com diâmetro de 1,83 metros e a altura de 1,93 metros.

7.2.4 Tanque (T02)

O tanque T02 tem a finalidade de armazenar o produto, de modo que a coluna de destilação tenha matéria-prima para processar durante 24 horas de forma contínua. O dimensionamento pode ser verificado no Apêndice C.10.

O tanque escolhido será feito sob medida pela fabricante Sotanques com capacidade de 120,00 m³, diâmetro de 5,02 m e altura de 7,53 m.

7.2.5 Destilador (D01)

Essa operação é necessária para separar as antocianinas solubilizadas no etanol, que, por sua vez, é reciclado para o tanque T01. Considerou-se que a corrente de líquido 8 entrará no destilador contendo água, etanol e antocianinas. O produto de topo (corrente 9) será reciclado para o tanque (T01). Já no produto de fundo haverá água, a antocianina e etanol residual. Segundo Kopsahelis et al. (2017), a pureza necessária para a saída do etanol é de 95% em massa, e com o auxílio de um simulador computacional, foi possível encontrar o fluxo de massa de saída para as correntes 9 e 10.

O dimensionamento do destilador (D01) está presente no Apêndice C.11. A Tabela 9 apresenta as principais características do equipamento projetado.

Tabela 9 - Dados da Coluna de Destilação D01.

Coluna de Destilação D01	
Número de estágios	17,00
Estágio de alimentação	5
Alimentação (kg/h)	3496,67
Temperatura máxima (°C)	70
Pressão (kPa)	40
Tipo de condensador	Total
Diâmetro da coluna	5,17
Altura da Coluna (m)	14,4

7.2.6 Tanque de armazenamento (T03)

A corrente de água e antocianinas segue então para o tanque (T02) onde a solução irá resfriar e as antocianinas irão, portanto, precipitar devido à baixa solubilidade em água. O tanque escolhido é similar ao Vertical/Above ground/Single Wall/U.L. da fabricante Southern Tank com capacidade de 30,30 m³, feito de aço inoxidável. Conforme o catálogo, o diâmetro é de 2,44 metros e a altura 6,50 metros e o dimensionamento pode ser avaliado no Apêndice C.12.

Figura 28 - Tanque de armazenamento (T03).



Fonte: Southern Tank (2019).

7.2.7 Tanque (T)

O tanque T tem a finalidade de armazenar o etanol proveniente da coluna de destilação (D01) de 16 a 24 horas, uma vez que a planta irá operar somente 8 horas diárias. O dimensionamento está apresentado no Apêndice C.13.

De forma a atender a demanda de 120,00 m³, optou-se por realizar o pedido do tanque sob encomenda, o qual possuirá diâmetro de 5,02 metros e altura de 7,53 metros.

7.2.8 Centrífuga (C03)

A centrífuga escolhida foi a centrífuga CS21 com capacidade de 5 a 14 m³/h, atendendo a necessidade de 2,34 m³/h o catálogo comercial está presente no Anexo E. Com

essa capacidade, o tempo de operação será de cerca de 15 minutos. Os dados do equipamento estão apresentados na Tabela 10 e a Figura 29 apresenta a centrífuga CS21.

Tabela 10 - Dados da centrífuga CS21.

CS21	
Capacidade de alimentação	5-14 m ³ /h
Peso	1725 kg
Potência total instalada	30 kW
CxLxA	3,1x0,9x0,8 m
Ângulo de descarga disponível	Sim
Sistema de lubrificação automática	Sim

Fonte: Centrisys (2019).

Figura 29 - Centrífuga CS21.



Fonte: Centrisys (2019).

Após a centrífuga (C03), haverá um tanque pulmão (TP03) com a capacidade de armazenar um volume de 1,17 m³ equivalente a 30 minutos de operação.

O tanque escolhido foi similar ao tanque de fundo cônico da Mixer Direct, com diâmetro de 1,22 metros e altura de 1,75 metros, conforme a Figura 30 e o dimensionamento está apresentado no Apêndice C.14.

Figura 30 - Tanque pulmão (TP03).



Fonte: Mixer Direct (2019).

7.2.9 Secador (S01)

A corrente sólida que sai da centrífuga (C03) entra no secador (S01) a fim de obter um produto com 99% de pureza e 1% de umidade, considerando-se a remoção de todo etanol residual. Tendo em vista que a antocianina pode atingir uma temperatura máxima de 70°C antes de degradar (GALVÃO et al., 2015), o tipo de secador escolhido foi o *spray dryer*. Além disso, é um equipamento versátil e necessita de um curto tempo de residência do produto na câmara de secagem (ROSA; TSUKADA; FREITAS, 2010).

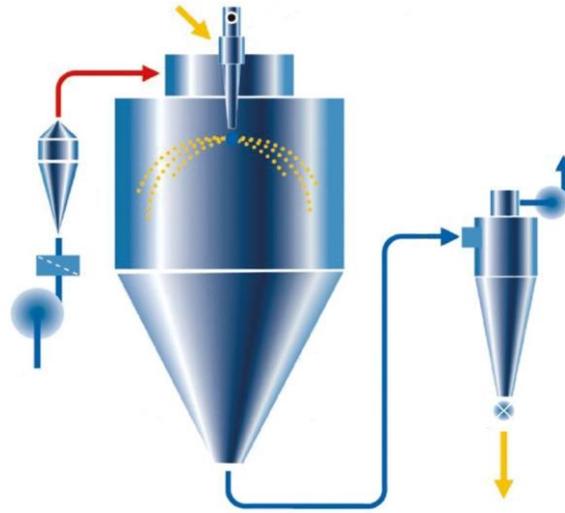
O dimensionamento do secador está presente na Tabela 11 e o detalhamento dos cálculos consta no Apêndice C.15. A Figura 31 ilustra o equipamento descrito.

Tabela 11 - Dados do secador (S01).

Propriedade	Unidade	Valor
Vazão volumétrica de ar	m ³ /h	967,92
Tempo de residência	segundos	25,00
Velocidade do ar	m ³ /h	6,72
Diâmetro	m	1,66
Altura	m	3,10

Fonte: Os autores (2019).

Figura 31 - Representação esquemática de um *spray dryer*.



Fonte: GEA (2019).

O ciclone, vinculado ao secador, serve para coletar o material seco. O dimensionamento consta no Apêndice C.15, cujos resultados são apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 - Dados do Ciclone vinculado ao secador S01.

Propriedade	Unidade	Valor
Vazão volumétrica de ar e produto (Q)	m ³ /h	970,13
Razão de projeto para ciclone tipo Lapple de propósito geral (R)	m/h	6860,00
Diâmetro do Ciclone (Dc)	m	0,38

Fonte: Os autores (2019).

7.2.10 Empacotadora (E01)

Nessa etapa do processo tem-se o empacotamento de 4 sacos por hora, equivalente a 15 kg cada de antocianina, sendo esta em forma de pó. Para esse empacotamento utiliza-se uma empacotadora similar ao Aplicador de Sacos Boca Aberta- ASBA produzido pela Sat Paraná, a qual possui uma capacidade máxima de até 12 sacos por minuto e uma capacidade de peso de 5 kg até 60 kg. Durante um dia de trabalho tem-se a produção de 33 pacotes de antocianina.

A empacotadora está apresentada na Figura 32 e o catálogo apresentado no Anexo I.

Figura 32 - Empacotadora (E01).



Fonte: Sat Paraná (2019).

7.3 PRODUÇÃO DE ÁCIDO TARTÁRICO

7.3.1 Tanque (T04)

O tanque (T04) será utilizado para misturar a corrente sólida e água com o intuito de solubilizar o bitartarato de potássio. O tanque será feito de aço inox, similar ao modelo escolhido foi similar ao Vertical/Above ground/Single Wall/U.L. com capacidade de 18,93 m³ da fabricante Southern Tank. Pelo catálogo, tem-se que o diâmetro do tanque será de 2,44 metros e a altura de 4,06 metros. O dimensionamento do tanque T04 está apresentado no Apêndice C.16.2.

O impelidor será similar ao da Mixer Direct com pás inclinadas com passo de 45°, fabricado em aço inox e com diâmetro de 86 cm e a potência do impelidor será de 10,44 hp. O dimensionamento do impelidor pode ser verificado no Apêndice C.16.3 e o catálogo no anexo J. O modelo para o tanque (T04) e para o impelidor estão apresentados nas Figuras 33 e 25, respectivamente.

Figura 33 - Tanque T04.



Fonte: Southern Tank (2019).

7.3.2 Centrífuga (C04)

A solução passa então para uma centrífuga (C04) separando os sólidos do líquido. A corrente sólida é então direcionada para o tratamento de efluentes e a corrente líquida segue para a o tanque (T04).

A centrífuga escolhida foi a de modelo CS21-4 da Centrisys, semelhante à da Figura 26 com capacidade de 34 a 51 m³/h, atendendo as necessidades do processo (26,74 m³/h). O dimensionamento está apresentado no Apêndice C.17, o catálogo está presente no Anexo E e as especificações estão presentes na Tabela 13.

Tabela 13 - Dados da centrífuga (C04).

CS21-4	
Capacidade de alimentação	34-51 m ³ /h
Peso	4550 kg
Potência total instalada	68 kW
CxLxA	4,8x1,1x1,3 m
Ângulo de descarga disponível	Sim
Sistema de lubrificação automática	Sim

Fonte: Centrisys (2019).

Assim como as outras centrífugas, deve-se ter um tanque pulmão (TP04) com capacidade de 5,24 m³. Sendo assim, o tanque escolhido foi similar ao da Mixer Direct com capacidade para 5,68 m³. As dimensões são de 2,13 metros de diâmetro e 2,24 metros de altura.

7.3.3 Tanque (T05)

O tanque (T05) tem o intuito de armazenar o bitartarato de potássio solubilizado, ele será feito de aço inox e o dimensionamento está apresentado no Apêndice C.19. Sendo assim, o modelo comercial será similar ao Vertical/Above ground/Single Wall/U.L. da fabricante Southern Tank com capacidade de 18,93 m³. A partir do catálogo presente no Anexo A, obteve-se as dimensões, sendo 2,44 metros de diâmetro e 4,06 metros de altura.

7.3.4 Reator (R01)

No reator (R01) haverá a adição de hidróxido de cálcio e cloreto de cálcio a fim de aumentar a eficiência da reação. Os produtos da reação serão o tartarato de cálcio, o cloreto de potássio e água que seguirão para uma centrífuga (C05).

O dimensionamento do reator está presente no Apêndice C.19. O resumo dos dados do reator é apresentado na Tabela 14.

Tabela 14 - Dados do Reator R01.

Propriedade	Valor
Número de bateladas	6
Tempo de batelada (h)	1
Volume do reator (m ³)	17,7
Diâmetro do reator (m)	3,04
Altura do reator (m)	2,43

Fonte: Os autores (2019).

O impelidor do reator R01 será fabricado de aço inox com diâmetro de 102 cm semelhante ao fabricado pela Mixer Direct, conforme a Figura 34 e requer uma potência de 28,88 hp. O dimensionamento do impelidor também pode ser verificado o Apêndice C.19, e o catálogo pode ser verificado no anexo K.

Figura 34 - Impelidor do reator (R01).



Fonte: Mixer Direct (2019).

7.3.5 Centrífuga (C05)

Nesta etapa do processo há a separação de líquidos e sólidos, onde a corrente contendo tartarato de cálcio segue para um tanque (T06) e a corrente líquida contendo água, etanol e ácido sulfúrico segue para o tratamento de efluentes.

A demanda nessa fase do processo é de 21,99 m³/h. Sendo assim, o modelo de centrífuga escolhido é similar a CS21-4 Centrífuga 2PH/3PH com capacidade de alimentação de 23 a 40 m³/h, sendo esta capaz de suportar a demanda estabelecida. Os dados da centrífuga estão apresentados na Tabela 15 e está apresentada na Figura 35.

Tabela 15 - Dados centrífuga CS18-4 Centrífuga 2PH/3PH.

CS18-4 2PH/3PH	
Capacidade de alimentação	23-40 m ³ /h
Peso	3860 kg
Potência total instalada	56 kW
CxLxA	4,4x1,1x1,2 m
Ângulo de descarga disponível	Sim
Sistema de lubrificação automática	Sim

Fonte: Centrisys (2019).

Figura 35 - Centrífuga CS18-4 2PH/3PH.



Fonte: Centrisys (2019).

O tanque pulmão (TP05) deve possuir capacidade mínima de 5,41 m³. O tanque escolhido será semelhante ao tanque da Mixer Direct de fundo plano com capacidade de 5,68 m³. Pelo catálogo presente no Anexo L, tem-se que as dimensões são 2,13 metros de diâmetro e 2,23 metros de altura. Além disso, o dimensionamento pode ser verificado no Apêndice C.20.

7.3.6 Tanque (T06)

Com a função de armazenar a solução que será adicionada ao reator (R02), o tanque (T06) possui um volume 3,74 m³, o balanço material e o dimensionamento podem ser verificados no Apêndice C.21. O modelo possui capacidade de 3,78 m³, é fabricado em aço inoxidável e possui diâmetro de 1,83 metros e a altura total de 1,70 metros semelhante ao da Mixer Direct. O tanque está apresentado na Figura 30 e o catálogo está no Anexo M.

7.3.7 Reator (R02)

No reator (R02) haverá a adição de ácido sulfúrico, o produto da reação será o tartarato de cálcio que seguirá para um filtro (R02). Este reator será operado em batelada, sendo assim, os reagentes são adicionados de uma só vez, onde reagem e após os produtos são retirados.

O dimensionamento do reator está presente no Apêndice C.22. O volume será de 1,9 m³, o material de construção inoxidável, e operação será dada em batelada. De acordo com o

planejamento de produção, serão feitas 5 bateladas por dia com altura de 2,0 metros e diâmetro de 1,1 metros.

O impelidor será de aço inox semelhante ao da fabricante Mixer Direct, conforme a Figura 36 e catálogo no anexo N com potência requerida de 0,18 hp.

Figura 36 – Impelidor do reator (R02).



Fonte: Mixer Direct (2019).

7.3.8 Filtro (F01)

No filtro (F01) é feita a separação da fase líquida e sólida. O modelo escolhido para o processamento é um filtro prensa similar ao modelo Flowpress 400 da marca Grabe com capacidade entre 6.000 a 30.000 litros por dia, considerando o dia de 8 horas, o qual é capaz de suportar a demanda de 7.040 litros por dia advindos do reator (R02).

Nesse ponto a corrente sólida é enviada para tratamento e a corrente líquida é enviada para um cristalizador, responsável pela formação de ácido tartárico. O tempo de operação é de aproximadamente 40 minutos. O filtro possui altura de 1,10 metros, a largura de 1,20 metros e o comprimento de 3,53 metros, o catálogo está apresentado no Anexo O e o dimensionamento no apêndice C.23.

7.3.9 Tanque (T07)

O tanque (T07) armazena o que é gerado no filtro durante a operação de 8 horas para, no dia seguinte, ser transferido para o cristalizador. O volume necessário para este tanque é de 6,30 m³. No entanto, o modelo comercial escolhido é semelhante ao fabricante Mixer

Direct, o qual é feito em aço inox com capacidade de 7,6 m³ com altura de 2,23 metros e diâmetro de 2,13 metros, este apresenta um volume superior visando um possível aumento na produção.

No Apêndice C.24 podem ser verificados o balanço material e dimensionamento do equipamento. O tanque está apresentado na Figura 37 e o catálogo está no Anexo P.

Figura 37 - Tanque (T07).



Fonte: Mixer Direct (2019).

7.3.10 Cristalizador (CR01)

No cristalizador (CR01) haverá a formação de cristais de ácido tartárico, no entanto, para que isso ocorra, é necessário a adição de algumas sementes, cristais já formados, a fim de que estes ajam como agentes nucleantes. Além disso, a cristalização será dada a frio, uma vez que a nucleação necessita de um tempo satisfatório, no qual haverá o aparecimento espontâneo de núcleos de cristalização, pois devido à supersaturação haverá locais onde o ácido se depositará (SAITO et al., 2002). Além disso, segundo Lewis et al. (2015), o processo por arrefecimento é, do ponto de vista energético, o mais favorável e operacionalmente simples.

A operação em batelada, por sua vez, minimiza incrustação nas superfícies de troca térmica, e assim não é preciso limpar o equipamento com muita frequência, sem risco de contaminação, a despeito dos custos maiores (MULLIN, 1988). A instalação de um agitador no cristalizador resulta em cristais menores e mais uniformes e em um tempo menor de batelada (quando operado em regime batelada). O produto final também tende a ter maior pureza (MULLIN, 1988).

Será feita uma única batelada de cristalização por dia, com toda matéria acumulada no tanque T07 no dia anterior. O dimensionamento do cristalizador de ácido tartárico é resumido na Tabela 16 e detalhado no Apêndice C.25.

Tabela 16 - Dimensões do Cristalizador CR01.

Propriedade	Unidade	Valor
Tempo de cristalização	h	7,00
Número de bateladas		1,00
Massa que entra em 1 batelada	kg	6197,28
Volume do Cristalizador	m ³	6,23
Diâmetro do Cristalizador (Dc)	m	2,19
Altura do Cristalizador	m	1,65
Área de Troca Térmica	m ²	5,13

Fonte: Os autores (2019).

7.3.11 Tanque (T08)

O tanque (T08) será utilizado para armazenar o que foi gerado no cristalizador para ser processado no dia seguinte. Marca a transição da operação em batelada do cristalizador para operação contínua da centrífuga e do secador subsequente. O volume necessário para o tanque é de 6,20 m³. Sendo assim, o modelo escolhido é similar ao fabricado pela Mixer Direct, o qual é feito em aço inoxidável com capacidade de 7,6 m³, visando possível aumento de produção, diâmetro de 2,13 metros e altura de 2,23 metros.

No Apêndice C.26 podem ser verificados o balanço material e dimensionamento do equipamento. O tanque está apresentado na Figura 37 e o catálogo está no Anexo Q.

7.3.12 Centrífuga (C06)

Com o intuito de separar a corrente sólida que seguirá para o tanque (T05), utiliza-se uma centrífuga com capacidade de 1 a 8 m³/h, atendendo a demanda de 0,63 m³/h. Sendo assim, o tempo de operação será de 8,40 minutos. O dimensionamento pode ser verificado no Apêndice C.27.

A centrífuga escolhida será a do modelo CS10-4 da fabricante Centrisys conforme a Figura 38, as especificações estão presentes na Tabela 17 e o catálogo está presente no Anexo E.

Tabela 17 - Dados da centrífuga CS10-4.

CS10-4	
Capacidade de alimentação	1-8 m ³ /h
Peso	910 kg
Potência total instalada	15 kW
CxLxA	2,3x1,1x0,7 m
Ângulo de descarga disponível	Sim
Sistema de lubrificação automática	Sim

Fonte: Centrisys (2019).

Figura 38 - Centrífuga CS10-4.



Fonte: Centrisys (2019).

Há a necessidade de um tanque pulmão para armazenar solução referente a meia hora da vazão, ou seja, cerca de 0,32 m³. Sendo assim, escolheu-se o tanque similar ao de fundo inclinado da Mixer Direct com capacidade de 0,28 m³. Pelo catálogo, tem-se que o diâmetro será de 0,91 metros e a altura de 1,32 metros.

7.3.13 Secador (S02)

Para remover a umidade excessiva ainda presente no ácido tartárico, será utilizado um secador do tipo *spray dryer* pelo motivo do secador S01. O produto obtido apresenta uma pureza de 99% e umidade de 1%. Na Tabela 18, encontram-se os dados obtidos no dimensionamento, o balanço material e o dimensionamento estão descritos no apêndice C.28.

Tabela 18 – Dados obtidos do dimensionamento do secador.

Propriedade	Unidade	Valor
Vazão volumétrica de ar	m ³ /h	6878,75
Tempo de residência	segundos	25,00
Velocidade do ar	m ³ /h	47,77
Diâmetro	m	3,19
Altura	m	5,95

Fonte: Os autores (2019).

7.3.14 Empacotadora (E02)

Para o empacotamento do ácido tartárico, será utilizada uma empacotadora similar ao Aplicador de Sacos Boca Aberta - ASBA produzido pela Sat Paraná, conforme a Figura 32. Possui uma capacidade máxima de até 12 bags por minuto e uma capacidade de peso de 5 kg até 60 kg. Conforme o balanço material apresentado, anteriormente, durante um dia de operação, tem-se a produção de 112 pacotes de 25 kg. Os dados técnicos da empacotadora estão presentes no Anexo I.

8. REQUERIMENTOS ENERGÉTICOS E PROJETO DE UTILIDADES

8.1 INSTALAÇÕES DE ÁGUA FRIA

O dimensionamento das instalações de água fria foi baseado nos critérios utilizados por Macintyre (2010) e consta no Apêndice D.1. A tubulação será pintada de verde claro para identificação. A demanda de água total necessária para o bom funcionamento da indústria está apresentada na Tabela 19.

Tabela 19 - Demanda de água total.

Área	Equipamento	Demanda de água (m ³ /h)
Área industrial	Tanque reservatório	9,36
Área industrial	Reservatório (TAG-01)	9,12
Área industrial	Reposição Chiller	0,66
Área industrial	Caldeira	2,70
Área industrial	Cristalizador (C01)	6,62
Prédio auxiliar - refeitório	Utensílios em geral	1,08
Prédio auxiliar - área de lazer	Bebedouro	0,36
Prédio auxiliar – refeitório	Bebedouro	0,36
Prédio auxiliar – vestiário	Chuveiros	2,16
Prédio auxiliar – vestiário	Lavatórios	3,24
Prédio auxiliar – vestiário	Sanitários	3,24
Prédio auxiliar – vestiário	Mictórios	0,54
Prédio auxiliar – refeitório	Sanitários	1,08
Prédio auxiliar - área administrativa	Lavatórios	1,08
Prédio auxiliar - área administrativa	Sanitários	1,08

Fonte: Os autores (2019).

8.1.1 Requerimento no pavilhão industrial

Na área industrial haverá demanda de água fria utilizada no processo, bem como, para o bem-estar e higiene dos colaboradores. O consumo estimado está apresentado na Tabela 20.

Tabela 20 - Demanda de água fria no pavilhão.

Área	Equipamento	Quantidade	Demanda de água (m ³ /h)
Área industrial	Reservatório (TAG-01)	1	9,12
Área industrial	Reposição Chiller	1	0,66
Área industrial	Caldeira	1	2,70
Prédio auxiliar - refeitório	Utensílios em geral	2	1,08
Prédio auxiliar - área de lazer	Bebedouro	1	0,36
Prédio auxiliar - refeitório	Bebedouro	1	0,36
Prédio auxiliar - vestiário	Chuveiros	6	2,16
Prédio auxiliar - vestiário	Lavatórios	6	3,24
Prédio auxiliar - vestiário	Sanitários	6	3,24
Prédio auxiliar - vestiário	Mictórios	1	0,54
Prédio auxiliar - refeitório	Sanitários	2	1,08
Prédio auxiliar - área administrativa	Lavatórios	2	1,08
Prédio auxiliar - área administrativa	Sanitários	2	1,08

Fonte: Os autores (2019).

8.1.2 Requerimentos nos prédios auxiliares

Os requerimentos referentes aos prédios auxiliares serão dados pelos chuveiros, lavatórios, sanitários e mictórios presentes nessas instalações. Além disso, foram considerados os bebedouros e requerimentos com os utensílios gerais do refeitório. A demanda de água para os prédios auxiliares está apresentada na Tabela 21.

Tabela 21 - Demanda de água fria nos prédios auxiliares.

Área	Equipamento	Quantidade	Demanda de água (m ³ /h)
Prédio auxiliar - refeitório	Utensílios em geral	2	1,08
Prédio auxiliar - área de lazer	Bebedouro	1	0,36
Prédio auxiliar - refeitório	Bebedouro	1	0,36
Prédio auxiliar - vestiário	Chuveiros	6	2,16
Prédio auxiliar - vestiário	Lavatórios	6	3,24
Prédio auxiliar - vestiário	Sanitários	6	3,24
Prédio auxiliar - vestiário	Mictórios	1	0,54
Prédio auxiliar - refeitório	Sanitários	2	1,08
Prédio auxiliar - área administrativa	Lavatórios	2	1,08
Prédio auxiliar - área administrativa	Sanitários	2	1,08

Fonte: Os autores (2019).

8.1.2.1 Banheiros e vestiário

Conforme descrito por Macintyre (2010), determinou-se o número de aparelhos para os estabelecimentos industriais, bem como as vazões desses aparelhos. Deste modo, os vestiários devem conter 3 vasos sanitários, 3 lavatórios e 2 chuveiros em cada vestiário, sendo um masculino e um feminino, no masculino, também haverá um mictório. Além disso, na área administrativa haverá 2 vasos sanitários e 2 lavatórios suprimindo a necessidade dos funcionários.

8.1.2.2 Refeitório

No refeitório haverá uso de água fria para utensílios e serviços gerais, além de um bebedouro para os funcionários.

8.1.3 Tubulações de água fria

Os diâmetros nominais da tubulação de água fria foram determinados conforme pode ser verificado no Apêndice D.1 e os resultados estão apresentados na Tabela 22.

Tabela 22 - Diâmetros nominais da tubulação de água fria.

Área	Trecho	Diâmetro da bitola (pol)
Área Industrial	1-2	2
Área Industrial	3-4	1
Área Industrial	5-6	2
Área Industrial	6-7	0,5
Área Industrial	6-8	2,5
Prédio auxiliar	8-9	2
Prédio auxiliar	9-10	0,75
Prédio auxiliar	9-11	4
Prédio auxiliar	11-12	1
Prédio auxiliar	11-13	2
Prédio auxiliar	13-14	0,5
Prédio auxiliar	13-15	2
Prédio auxiliar	15-16	1,5
Prédio auxiliar	15-17	1,5
Prédio auxiliar	17-18	0,75
Prédio auxiliar	17-19	0,75
Prédio auxiliar	19-20	0,5
Prédio auxiliar	19-21	0,75
Área Industrial	8-22	1,5
Área Industrial	1'-2'	1,5

Fonte: Os autores (2019).

Em seguida, as velocidades foram novamente calculadas a fim de escolher o diâmetro da bitola. O critério de escolha é baseado nas velocidades que estão dentro das recomendadas. A Tabela 23 mostra os resultados desses cálculos.

Tabela 23- Velocidades recalculadas para a tubulação de água fria.

(continua)						
Área	Trecho	D (pol)	D _{bitola superior} (pol)	V _{bitola superior} (m/s)	D _{bitola inferior} (pol)	V _{bitola inferior} (m/s)
Área Industrial	1-2	1,93	2	2,32	1,5	4,12
Área Industrial	3-4	0,77	1	1,48	0,75	2,63
Área Industrial	5-6	1,77	2	1,95	1,5	3,46
Área Industrial	6-7	0,38	0,5	1,45	0,25	5,79

(conclusão)

Área	Trecho	D (pol)	D ^{bitola superior} (pol)	V ^{bitola superior} (m/s)	D ^{bitola inferior} (pol)	V ^{bitola inferior} (m/s)
Área Industrial	6-8	2,26	2,5	2,05	2	3,20
Prédio auxiliar	8-9	1,77	2	1,95	1,5	3,46
Prédio auxiliar	9-10	0,69	0,75	2,11	0,5	4,74
Prédio auxiliar	9-11	3,02	4	1,42	3	2,53
Prédio auxiliar	11-12	0,84	1	1,78	0,75	3,16
Prédio auxiliar	11-13	1,55	2	1,50	1,5	2,68
Prédio auxiliar	13-14	0,49	0,5	2,37	0,25	9,47
Prédio auxiliar	13-15	1,70	2	1,80	1,5	3,20
Prédio auxiliar	15-16	1,24	1,5	1,71	1	3,84
Prédio auxiliar	15-17	1,26	1,5	1,76	1	3,96
Prédio auxiliar	17-18	0,69	0,75	2,11	0,5	4,74
Prédio auxiliar	17-19	0,69	0,75	2,11	0,5	4,74
Prédio auxiliar	19-20	0,40	0,5	1,58	0,25	6,32
Prédio auxiliar	19-21	0,56	0,75	1,40	0,5	3,16
Área Industrial	8-22	1,41	1,5	2,22	1	5,00
Área Industrial	1'-2'	1,14	1,5	1,45	1	3,27

Fonte: Os autores (2019).

De acordo com os dados obtidos, escolheu-se o diâmetro de bitola superior, uma vez que a velocidade da bitola superior apresentou valor próximos aos recomendados.

8.1.4 Reservatório de água

A água fria será armazenada em um reservatório similar à Caixa D'água da marca Faz Forte com capacidade de 500,00 m³. Segundo o catálogo, presente no Anexo R, o diâmetro possuirá 8,10 metros e a altura 10,00 metros.

8.2 ÁGUA GELADA

A água gelada será usada na camisa do cristalizador cuja demanda é de 6,62 m³/h. A água proveniente do reservatório, que se encontra a 25°C, deve ser resfriada até 7°C por um Chiller do fabricante Shandong Mgreenbelt Machinery Co., modelo MG-150CS, conforme Anexo S. Após recircular no cristalizador, a água sairá a 16°C, e imediatamente irá retornar

ao Chiller para ser resfriada novamente. Dessa maneira, evita-se a perda desnecessária de água e maiores gastos para resfriá-la, uma vez que a variação de temperatura será menor. Foi considerado nos cálculos de gasto de água que apenas 10% dessa água de reciclo será perdida. O dimensionamento da tubulação de água gelada está apresentado no Apêndice D.2.

8.3 INSTALAÇÕES DE ÁGUA QUENTE

A tubulação de água quente será feita de aço inoxidável, uma vez que, esta entra em contato direto no tanque em que há o processo de solubilização do bitartarato de potássio (KHT). Utilizou-se o mesmo procedimento da água fria descrito por Macintyre (2010) para o dimensionamento das tubulações de água quente e, para identificação, as tubulações serão pintadas de verde escuro. Os cálculos podem ser verificados no Apêndice D.3.

Os resultados obtidos para a demanda de água quente no pavilhão industrial estão apresentados na Tabela 24.

Tabela 24 - Demanda de água quente no pavilhão industrial.

Área	Equipamento	Demanda de água (m ³ /h)
Área industrial	Tanque reservatório	9,36

Fonte: Os autores (2019).

O dimensionamento para as tubulações de água quente está apresentado na Tabela 25, estão apresentados a área e o diâmetro obtidos.

Tabela 25 - Dimensionamento das tubulações de água quente.

Área	Trecho	Vazão (m ³ /h)	Área (cm ²)	D (cm)	D (pol)
Área industrial	31-32	10,48	11,64	3,85	1,52

Fonte: Os autores (2019).

Por fim, calculou-se as velocidades com os diâmetros de bitolas superior e inferior para decidir quais estariam com as velocidades dentro das recomendadas. A Tabela 26 mostra os resultados obtidos.

Tabela 26- Velocidades recalculadas para a tubulação de água quente.

Área	Trecho	D (pol)	D _{bitola superior} (pol)	V _{bitola superior} (m/s)	D _{bitola inferior} (pol)	V _{bitola inferior} (m/s)
Área Industrial	31-32	1,52	2	1,44	1	5,75

Fonte: Os autores (2019).

O diâmetro da bitola superior foi o escolhido uma vez que a velocidade apresentou valores dentro dos recomendados.

8.3.1 Reservatório de água

O reservatório escolhido foi semelhante ao Reator de Processo da fabricante Fenox, uma vez que, deve possuir um melhor isolante para que não haja perdas de calor para o ambiente. Uma vez que o equipamento será pedido sob encomenda com as especificações do cliente, para uma capacidade de 94 m³, o diâmetro será de 4,00 metros e a altura de 7,50 metros. O catálogo do tanque de água quente está apresentado no Anexo T.

8.4 AR COMPRIMIDO

Neste processo, o ar comprimido será utilizado nas empacotadoras (E01) e (E02) e no sistema *air-lift* para elevação da água do poço artesiano até o reservatório de água. Será produzido na sala de compressores, localizada na área externa do pavilhão industrial, com uma vazão requerida de 93,82 m³/h, considerando uma margem de segurança de 20%. O compressor utilizado será da marca Chiaperini, modelo 60/360 Blue, conforme especificado no Anexo U. As demandas de ar comprimido por área estão apresentadas na Tabela 27.

Tabela 27 - Demanda de ar comprimido.

Área	Equipamento	Consumo (m ³ /h)
Área	Poço Artesiano	53,04
Área industrial	Empacotadora (E01)	20,388096
Área industrial	Empacotadora (E02)	20,388096

Fonte: Os autores (2019).

Conforme descrito por Macintyre (2010), o sistema *air-lift* é um sistema misto de bombeamento a ar, utilizando ar comprimido conduzido em um tubo que permite injetar ar em um tubo maior até que atinja uma profundidade considerável. Esse tubo de ar comprimido pode ser colocado na parte interna ou externa do tubo por onde a água será elevada.

O ar segundo o qual sai do tubo por um aspersor ao penetrar no tubo de sucção, junta-se com água, formando uma emulsão de ar-água, diminuindo o peso específico. Sendo assim, em virtude da diferença de pressões hidrostáticas dentro e fora do tubo, a mistura é recalçada pela própria água do poço.

O diâmetro das tubulações de ar comprimido está apresentado na Tabela 28. As tubulações de ar comprimido serão pintadas de azul para identificação.

Tabela 28 - Diâmetros das tubulações de ar comprimido.

Área	Trecho	Q (m ³ /min)	L _{total} (m)	H _f (kgf/cm ² .m)	D (pol)
Área Industrial	1-2	1,56	0,27	0,0002	1,20
Área Industrial	2-3	0,88	9,98	0,002	1,26
Área Industrial	2-4	0,68	48,19	0,0008	1,88
Área Industrial	4-5	0,34	1,48	0,002	0,60
Área Industrial	4-6	0,34	10,72	0,002	0,90

Fonte: Os autores (2019).

8.5 VAPOR

O vapor será gerado a partir de uma caldeira do tipo flamotubular semelhante a da empresa Weco, série HL, com capacidade para produzir 4.000 kg/h. Como combustível será utilizado lenha, consumindo 1,92 m³/h de acordo com o catálogo do fabricante presente no Anexo V. Esta opera em pressão absoluta de trabalho de 10 kgf/cm², proporcionando uma temperatura de 250 °C, atendendo a demanda total de vapor necessária para a Vinocorp.

A demanda de vapor na indústria, está apresentada na Tabela 29, conforme a área e o equipamento. As tubulações serão pintadas de branco, porém como essa cor não poderia ser representada na planta do *Autocad*, foram representadas pela cor vermelha.

Tabela 29 - Demanda de vapor na área industrial.

Área	Equipamento	Demanda de vapor (kg/h)
Pavilhão Industrial	Coluna de destilação	2.142,00
Pavilhão Industrial	Trocador de calor (S01)	83,02
Pavilhão Industrial	Trocador de calor (S02)	436,10

Fonte: Os autores (2019).

O dimensionamento para a tubulação de vapor foi feito conforme o descrito por Macintyre (2010). A tubulação será feita de aço-carbono e pintada com tinta branca a fim de fazer a identificação. O dimensionamento pode ser verificado no Apêndice D.4 e na Tabela 30 estão apresentados os diâmetros nominais para cada trecho.

Tabela 30 - Diâmetro nominal das tubulações de vapor para cada trecho.

Área	Trecho	D nominal (pol)
Área industrial	1-2	8
Área industrial	2-3	4
Área industrial	3-4	2
Área industrial	3-5	4
Área industrial	2-6	8

Fonte: Os autores (2019).

8.6 CONDENSADO

A perda ao longo das tubulações, peças e válvulas resultam em uma condensação (mistura de vapor e condensado), a qual ocorre devido ao fato do vapor transferir o calor latente de vaporização na operação de aquecimento (MACINTYRE, 2010). O dimensionamento das tubulações de condensado foram feitas de acordo com o descrito por Macintyre (2010) e as tubulações serão pintadas com tinta rosa para identificação.

O condensado do refeedor, 2142,00 kg/h, será integralmente aproveitado para o aquecimento da água de solubilização do bitartarato de potássio, permitindo economia de vapor.

8.7 BOMBAS

A fim de dimensionar as bombas, seguiu-se alguns passos que estão no Apêndice D.7. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 31 e o catálogo das bombas centrífugas e das bombas rotativas constam nos Anexos W e X, respectivamente.

Tabela 31 – Dimensionamento e seleção das bombas do processo.

Bomba	Quantidade	P (hp)	P comercial (hp)
BC01	1	6,22	7
BC02	1	1,07	1,5
BC03	1	2,79	3
BC04	1	1,99	2
BC05	1	3,95	4
BC06	1	2,67	3
BC07	1	0,31	0,33
BC08	1	10	10
BC09	1	1,26	1,5
BC10	1	0,85	1
BC11	1	5,65	6
BC12	1	1,09	1,5
BC13	1	0,74	0,75
BC14	1	1	1
BC15	1	10,6	12,5
BC16	1	0,6	0,75
BC17	1	1,1	1,5
BC18	1	0,93	1
BC19	1	0,96	1
BC20	1	0,02	0,25
BC21	1	2,95	3
BR01	1	12,19	12,5
BR02	1	1,89	2
BR03	1	1,03	1,5
BR04	1	1,26	1,5
BR05	1	0,96	1

8.8 TROCADORES DE CALOR

O dimensionamento dos trocadores está presente no Apêndice D.8 e foram selecionados modelos com área de troca térmica ligeiramente maior à dimensionada. Os modelos escolhidos são semelhantes aos apresentados na Tabela 32 e Anexo Y.

Tabela 32 - Modelos de Selecionados de Trocadores de Calor.

Equipamento	Descrição	Área de troca (m ²)	Nº de tubos/passes	Dimensões (mm)	Modelo	Fabricante
TC-203	TC do Secador 1	0,36	30/2	530x160	BEM 4-500	TroCalor
TC-302	TC do Secador 2	1,81	76/2	1000x140	BEM 5-1000	TroCalor

Fonte: Adaptado de TroCalor (2007).

8.9 ACESSÓRIOS

8.9.1 Válvulas

As válvulas são dispositivos utilizados com a finalidade de estabelecer, controlar e interromper a descarga de fluidos de encanamentos (MACINTYRE, 2010). Como trata-se de um fluido viscoso em que irá correr durante 8 horas, sem mudanças de pressão, opta-se por usar a válvula gaveta que é uma válvula simples que apresenta baixa perda de carga (UNIVAL, 2019).

As válvulas serão utilizadas para interromper a vazão quando houver paradas eventuais de manutenção ou problemas técnicos. Nas tubulações do processo serão utilizadas 30 válvulas gavetas semelhante a Válvula Gaveta Aço Inox Classe 150 com especificações conforme consta no Anexo Z.

8.9.2 Separadores

Os separadores provocam um alargamento brusco da seção de escoamento com a finalidade de reduzir a velocidade do vapor. No interior destes dispositivos, há placas colocadas de modo que provoquem a mudança na direção do escoamento do vapor,

separando assim as gotículas de água que se formam. Estas são então dirigidas para a parte inferior do separador, seguindo até o purgador por um tubo (MACINTYRE, 2010).

8.9.3 Juntas de expansão

As juntas de expansão são utilizadas quando não se dispõe do espaço para um traçado de um espaço espacial, da tubulação. Dois são os tipos mais utilizados, juntas deslizantes e juntas sanfonadas (MACINTYRE, 2010).

As juntas deslizantes são constituídas por dois trechos de tubo com deslocamento do tipo telescópio devidamente guiados. A tubulação necessita ser rigidamente ancorada e guiada por suportes, para que esta dilatar-se. As juntas sanfonadas podem ser usadas e representam a solução quando o espaço disponível é reduzido. A pressão interna tende a afastar as dobras da sanfona, de modo que a ancoragem e as guias devem também levar em conta esses esforços. Existem diversos tipos destas juntas (MACINTYRE, 2010).

8.9.4 Purgadores

São dispositivos destinados a retirar o condensado dos separadores, dos Tês e dos equipamentos, onde ele se forma, evitando a perda de vapor. Eles são indispensáveis em uma instalação de vapor quando se deseja obter vapor seco, ou seja, com pouca umidade (MACINTYRE, 2010).

8.9.5 Guias de tubulação

As tubulações de vapor se expandem longitudinalmente atuando sobre as juntas, estas ficam apoiadas sobre guias que servem de apoio e impedem que se desloquem transversalmente. Em trechos retilíneos, contendo uma ou mais juntas, deve-se colocar apoios rígidos ou ancoragens a fim de absorverem os esforços longitudinais causados pelas juntas de dilatação. O espaçamento entre apoios está apresentado no Anexo AA. (MACINTYRE, 2010).

8.10 ISOLAMENTO TÉRMICO

Para evitar que o calor se dissipe, as tubulações, conexões, válvulas e equipamentos por onde passam o vapor e o condensado devem ser isolados de forma correta. De acordo com Macintyre (2010), para temperaturas até 650 °C o material isolante mais empregado é composto à base de silicato de cálcio hidratado e fibras longas de amianto, sendo a Calorisol (Indústria de Isolantes Térmicos Calorisol S.A.), a Temporal S.A. e a Indústria de Isolantes Magesol Ltda algumas das fabricantes deste tipo de material. Contudo, para temperaturas até 300 °C, utiliza-se o carbonato de magnésio. A espessura do isolamento da Calorisol está apresentada no Anexo AB.

Deve-se proteger o isolamento, podendo ser feito com folha de alumínio corrugado como o CAL-JACK da Calorisol nas tubulações, e com um impermeabilizante à base de emulsão asfáltica, misturado com fibras de amianto e fillers minerais (por exemplo, Calokote da Calorisol), nas curvas, válvulas e tanques, por exemplo (MACINTYRE, 2010).

8.11 SUPORTE PARA AS TUBULAÇÕES

Segundo Macintyre (2010) é necessário fazer a representação isométrica da linha para localizar os suportes simples. Além disso, os suportes devem ser localizados o mais próximo possível das máquinas para que não sobrecarregue as ligações bocais.

O espaçamento máximo entre apoios para tubos de aço-carbono A-53 está apresentado no Anexo AC.

8.12 CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

O consumo de energia elétrica de cada um dos impelidores foi estimado a partir da velocidade de agitação, a qual considerou-se igual a 150 rpm para tanques profundos (DA SILVA; SABIONI, 2013). A potência foi calculada considerando o número de potência, a densidade da corrente, diâmetro do impelidor e velocidade de agitação.

O impelidor para o tanque de cloreto de cálcio terá potência de 0,078 hp, do tanque de mistura (T01) 9,62 hp e do tanque de mistura (T04) 10,44 hp. O dimensionamento dos impelidores pode ser verificado nos Apêndices C.3.1, C.8.2, C.16.3.

O consumo de energia elétrica diário foi calculado multiplicando a potência de cada equipamento pelo número de horas de operação diária, conforme descrito pela Tabela 33.

Tabela 33 - Consumo de energia elétrica diário por equipamento.

Equipamento	Tempo de Operação (h)	Eletricidade por dia (kWh)
Centrífuga C01	8	238,40
Centrífuga C02	8	536,80
Centrífuga C03	8	447,20
Centrífuga C04	8	536,80
Centrífuga C05	8	536,80
Centrífuga C06	8	119,20
Cristalizador CR01	8	0,53
Empacotadora E01	8	4,00
Empacotadora E02	8	4,00
Filtro F01	8	0,00
Reator R01	8	172,29
Reator R02	8	1,07
Tanque T01	8	57,39
Tanque T04	8	62,26
Tanque TCC01	8	50,57
Total	-	2767,31

Fonte: Os autores (2019).

8.13 TUBULAÇÕES DO PROCESSO

As tubulações do processo totalizaram um comprimento de 184,38 metros, os diâmetros variaram entre 0,25 e 1,75 polegadas, e o material escolhido foi aço inoxidável. O dimensionamento da tubulação consta no Apêndice C.28, e a Tabela 34 apresenta os resultados.

Tabela 34 - Dimensões das tubulações de processo.

(continua)			
Trecho da Tubulação	Comprimento (m)	Vazão mássica (kg/s)	Diâmetro comercial (in)
1-2	21,0	2,6666	1,5
2-3	5,0	2,6666	1,5

(conclusão)

Trecho da Tubulação	Comprimento (m)	Vazão mássica (kg/s)	Diâmetro comercial (in)
2-4	1,6	2,6666	1,5
4-5	1,6	2,6949	1,5
5-6	5,0	2,6666	1,5
5-7	21,0	2,6666	1,5
4-8	13,0	2,6666	1,5
9-10	1,5	1,6231	1
11-12	1,5	5,0730	2
13-14	1,8	3,3707	1,75
15-16	7,0	1,1226	1
17-18	1,5	0,2206	0,5
19-20	1,5	0,9841	1
21-22	10,6	2,9522	1,75
22-23	2,7	2,9522	1,5
22-24	10,1	3,6224	1,75
25-26	6,6	0,6617	0,75
27-28	2,3	0,0283	0,25
31-32	29,3	2,6468	1,5
33-34	1,5	1,7023	1,25
35-36	1,5	4,2813	1,75
37-38	1,5	2,9635	1,5
39-40	1,5	2,9635	1,5
41-42	4,8	0,0339	0,25
43-44	1,5	3,0568	1,5
45-46	1,5	0,2347	0,5
47-48	1,5	0,2291	0,5
49-50	15,3	0,0424	0,25
51-52	1,5	0,2602	0,5
53-54	1,5	0,1753	0,5
55-56	1,5	0,1753	0,5
57-58	1,5	0,1782	0,5
59-60	1,5	0,1782	0,5
61-62	1,8	0,1499	0,5

9. CONTROLE E INSTRUMENTAÇÃO DO PROCESSO

Devido à grande complexidade do detalhamento das malhas de controle e instrumentação de todo o processo realizado na planta industrial, foram escolhidos somente alguns equipamentos que serão detalhados, compreendendo os reatores (R01 e R02), onde há a formação de tartarato de cálcio e a reação da formação do ácido tartárico, respectivamente. Além disso, também será detalhada a instrumentação e controle do tanque de armazenamento do ácido sulfúrico.

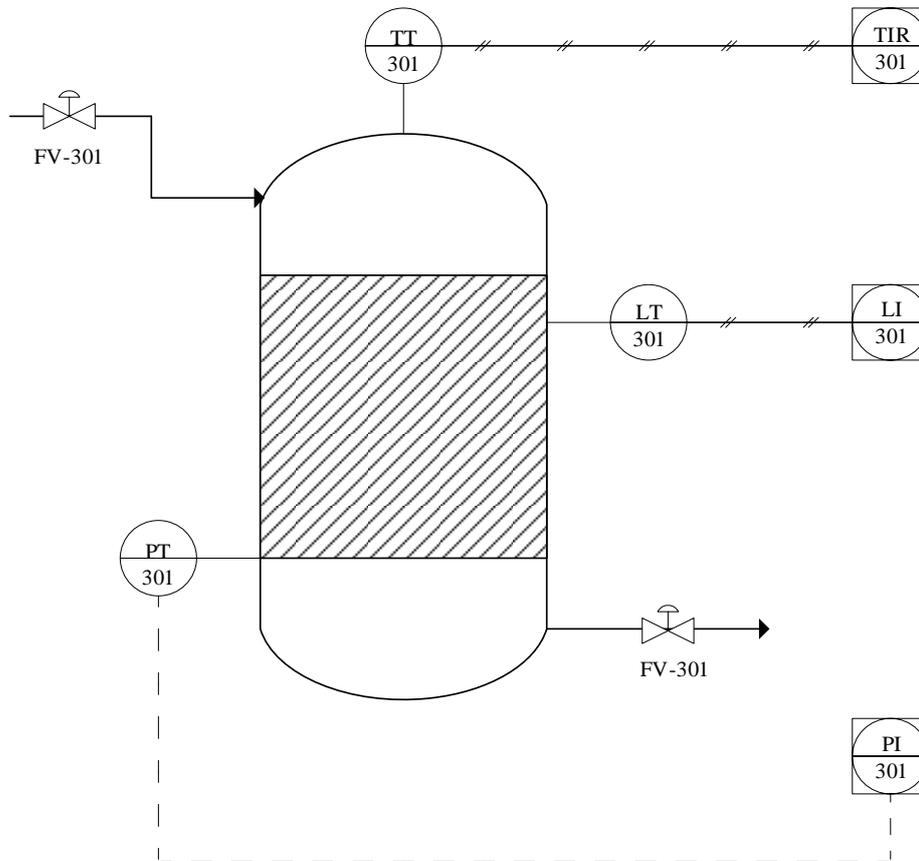
9.1 CONTROLE DOS REATORES (R01 e R02)

Nos reatores (R01 e R02) haverá um transmissor de temperatura (TT 301) ligado com sinal pneumático ao indicador de temperatura (TI 301) e registrador de temperatura (TR 301). O transmissor de nível (LT 301) será ligado também por sinal pneumático ao indicador de nível (LI 301). No entanto, o transmissor de pressão (PT 301), estará no campo ligado eletricamente ao indicador (PI 301) em um painel de controle

Considerando que as reações que ocorrem são exotérmicas, os reatores devem ser encamisados a fim de manter a temperatura constante. Sendo assim, haverá um controlador e indicador de temperatura que será ligado eletricamente a uma válvula simples que pode alterar a vazão da água de resfriamento, controlando a temperatura no interior do reator.

A corrente de saída é controlada por uma válvula de fluxo (FV 301), conforme pode ser observado na Figura 39.

Figura 39 - Sistema de controle nos reatores (R01 e R02).

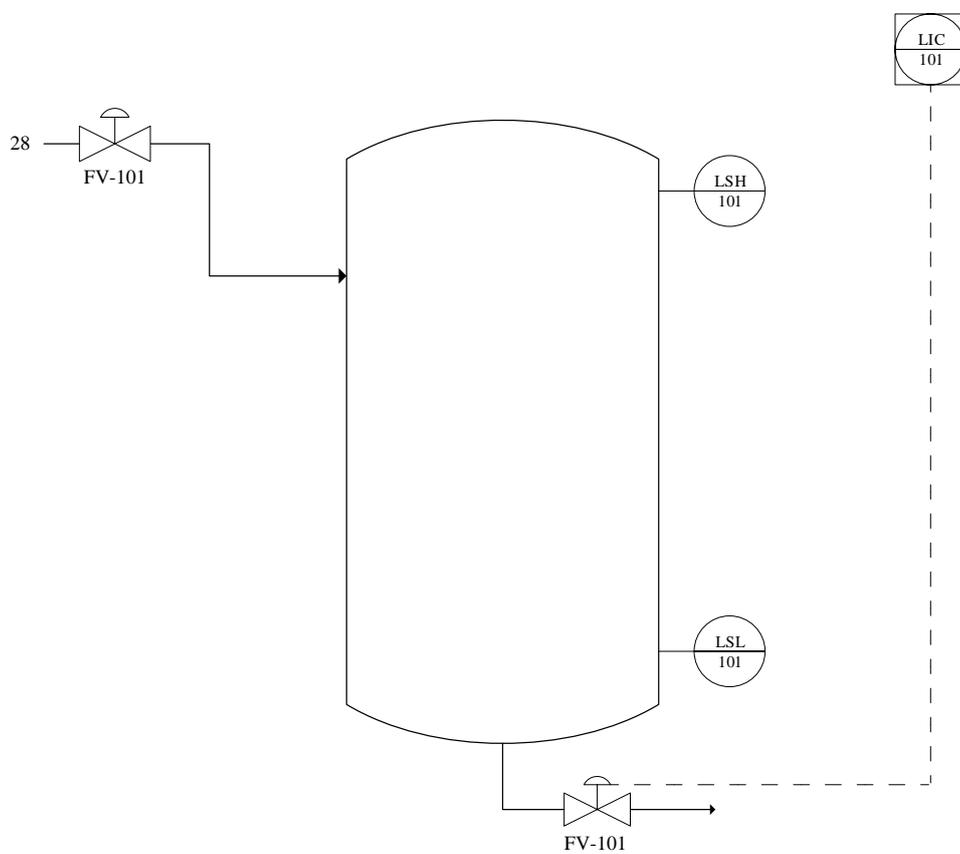


Fonte: Os autores (2019).

9.2 TANQUE DE ÁCIDO SULFÚRICO

No tanque de armazenamento do ácido sulfúrico haverá uma válvula de fluxo manual (FV 101). O controlador indicador de nível (LIC 101) localizado no painel principal de controle é ligado eletricamente à válvula de fluxo. Os sensores de nível alto (LSH 101) e baixo (LSL 101) são ligados eletricamente ao controlador indicador de nível. O sistema de controle pode ser verificado na Figura 40.

Figura 40 - Sistema de controle no tanque de armazenamento de ácido sulfúrico.



Fonte: Os autores (2019).

10. TRATAMENTO DE EFLUENTES

Na Tabela 35 estão descritas as correntes que deverão seguir para tratamento.

Tabela 35 - Composição das correntes destinadas a tratamento de efluentes, em kg/h.

Componentes (kg/h)	4	12	19	25	30	33
Água	3364,39	2136,97	1835,07	7701,01	73,19	77,28
Etanol	304,88	111,1	419,34	1737,54	16,3	17,21
Cloreto de Potássio	-	-	-	196,07	1,84	1,94
Antocianina	-	-	-	13,61	0,13	0,13
KHT	-	-	119,45	-	-	-
Sólidos	-	-	2377,14	-	-	-

Fonte: Os autores (2019).

A corrente 19, que apresentará vazão mássica de 4.754,27 kg/h, possui majoritariamente na composição os sólidos, os quais deverão ser armazenados em um tanque e vendidos por R\$ 0,05/kg para a Adubare, indústria localizada em Veranópolis - RS, e serão usados como adubo orgânico na compostagem. Caso haja a presença de rejeitos, eles deverão ser encaminhados para a destinação correta, ou seja, para o aterro sanitário.

As demais correntes, mesmo contendo sólidos como cloreto de potássio e antocianinas, serão destinados ao tratamento de efluentes, totalizando uma vazão mássica de 16.204,22 kg/h. Primeiramente, será realizada a etapa preliminar com o auxílio de uma peneira pois, de acordo com Sperling (2005), se o efluente não conter sólidos grosseiros, não é necessário a utilização de grades, portanto, será apenas necessário peneirar os sólidos suspensos. A seguir, poderá ter no tratamento primário a etapa de sedimentação, porém dependerá das análises laboratoriais do efluente, após a planta entrar em operação. Por fim, haverá uma lagoa de estabilização a fim de remover a matéria orgânica presente no efluente, ou seja, diminuir a carga de DBO (demanda biológica de oxigênio). O processo de tratamento funcionará com micro-organismos utilizando a matéria orgânica como substrato e a convertendo em gás carbônico e água (SPERLING, 2005).

11. AVALIAÇÃO ECONÔMICA DO PROJETO

A avaliação econômica do projeto de produção de ácido tartárico e antocianina da empresa Vinocorp tem por objetivo analisar a viabilidade da implementação industrial, levando em consideração receitas, custos e investimentos. Para essa avaliação, utilizou-se três indicadores essenciais para sustentar a análise e ter-se uma projeção mais exata da viabilidade do projeto. Esses indicadores são:

- VPL (Valor Presente Líquido): Para calcular o VPL, tem-se o acúmulo dos valores de fluxo de caixa descontados para o presente através da taxa de desconto TMA (Taxa Mínima de Atratividade), o qual significa a taxa mínima de juros que um investidor se propõe a ganhar quando faz um investimento, ou seja, o retorno mínimo esperado. Pode ser descrito como a diferença entre os recebimentos e os pagamentos de todo o projeto em valores monetários (LIMA et al., 2013; LIMA et al., 2015) ou, quando se tratando de uma projeção futura, pode ser o valor presente dos fluxos futuros de caixa estimados.
- TIR (Taxa Interna de Retorno): O método TIR é a taxa de retorno que zera o VPL dos fluxos de caixa, levando em conta o valor do dinheiro no tempo. O objetivo é fazer com que as entradas e saídas do fluxo de caixa sejam iguais, ou seja, possuam a mesma taxa de desconto (CASAROTTO FILHO e KOPITTKKE, 2010).
- PB (*Payback*): O *Payback* da análise econômica tem como principal função determinar o tempo necessário para recuperar todo o investimento de um projeto.

11.1 INVESTIMENTOS FIXOS

Para análise da viabilidade econômica de um projeto, é necessário, primeiramente, definir todos os investimentos iniciais para que este tenha a capacidade de ser executado. Os investimentos iniciais da Vinocorp serão com o terreno, construção civil, documentação e seguros, equipamentos, montagem, sistema de incêndio, sistema de tratamento de efluentes, sistema de controle, tubulação, dentre outros. Todos os custos referentes a esse investimento estão dispostos na Tabela 36 e totalizam um valor de R\$ 11.978.063,50.

Tabela 36 - Custos com Investimento fixo.

Tipo de investimento	Valor (R\$)
Terreno	300.000,00
Pavilhão Industrial	654.286,20
Prédio Auxiliar	234.198,31
Piso (área industrial + prédio auxiliar)	154.277,07
Terraplanagem	359.051,23
Manta polimérica para cavidades	84.240,00
Equipamentos	3.681.769,63
Tubulação, bombas e acessórios	920.442,41
Montagem	913.442,41
Instalação Elétrica	736.353,93
Sistema de Incêndio	60.000,00
Sistema de Tratamento de Efluentes	100.000,00
Sistema de Controle	552.265,44
Partida da planta	184.088,48
Custos Extras	236.226,56
Documentos	91.776,42
Seguro	91.776,42
Capital de giro	2.589.663,80
Total	11.978.063,50

Fonte: Os autores (2019).

11.1.1 Custos com terreno e construção civil

O terreno utilizado para implantar a unidade industrial está localizado na cidade de Bento Gonçalves - Rio Grande do Sul, contando com uma área equivalente a 11.741 m². O custo estimado do terreno para essa região é de aproximadamente R\$ 300.000,00. Além disso, deve-se considerar nesse gasto o valor equivalente ao custo médio da construção, o qual é determinado através do Custo Unitário Básico (CUB/m²), principal indicador do setor da construção definido pela lei 4.591/64 no artigo 54, lançado mensalmente pelos Sindicatos da Indústria da Construção Civil do Estado do Rio Grande do Sul (SINDUSCON - RS).

Para o mês de outubro de 2019 no estado do Rio Grande do Sul, o CUB lançado foi igual a R\$ 817,96 por metro quadrado, conforme o Anexo AD. Sabendo que a área industrial possui 799,9 m², tem-se que o valor referente para a construção da mesma é aproximadamente de R\$ 654.286,20. Além disso, o prédio auxiliar, o qual possui banheiros, refeitórios, sala administrativa e área de lazer, conta com uma área de 143,16 m² e um custo de construção de R\$ 234.198,31, considerando o valor do CUB para esse prédio o dobro do

CUB para o galpão industrial. Considerou-se também 20% do CUB para estimar o custo do piso industrial e da área administrativa, o qual totalizou um valor de R\$ 154.277,07.

Os custos referentes à terraplanagem do terreno fornecidos pelo Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte (DNIT), considerando um terreno que necessite apenas de serviços como desmatamento, destocamento, limpeza da área com árvores pequenas, são de R\$ 380,73/m², como presente no Anexo AE. Considerando a terraplanagem para a área industrial e do prédio auxiliar, tem-se que o custo total para preparo do terreno será de R\$ 359.051,23.

Sendo assim, o valor necessário para a construção da unidade industrial em um terreno estabelecido na cidade de Bento Gonçalves será de R\$ 1.701.812,82, equivalente ao valor do terreno, terraplanagem e construção civil.

11.1.2 Custos com aquisição de equipamentos

Para determinar os custos de aquisição dos equipamentos, utilizou-se orçamento de empresas, em especial do site Alibaba e da empresa Limana. Considerou-se uma taxa de importação de 100% em relação ao valor de aquisição do produto para os equipamentos obtidos do exterior.

Além dos valores para aquisição, alguns custos serão necessários para a operação da planta, entre eles, a montagem dos equipamentos, partida da planta, sistema de controle, instalação elétrica, tubulações, bombas e acessórios. Para isso, estimou-se um percentual requerido sobre o valor total dos equipamentos. As considerações feitas foram:

- 20% do valor dos equipamentos para instalação elétrica;
- 15% do valor dos equipamentos para sistema de controle;
- 25% do valor dos equipamentos com montagem;
- 5% do valor dos equipamentos com partida da planta, necessário para os erros que podem ocorrer no processo durante os primeiros meses até atingir um conhecimento adequado e especificações corretas;
- 25% do valor dos equipamentos para tubulações, acessórios e bombas;

Desta forma, o custo total equivalente à aquisição dos equipamentos, considerando todos os gastos necessários para o funcionamento dos mesmos, é de R\$ 6.995.362,30.

Tabela 37 - Custo de aquisição de equipamentos.

(continua)

Equipamento	Quantidade	Valor (R\$)
Tanque (T01)	1	R\$ 34.424,90
Tanque (T02)	1	R\$ 156.069,65
Tanque (T03)	1	R\$ 41.158,21
Tanque (T04)	1	R\$ 30.678,88
Tanque (T05)	1	R\$ 33.746,77
Tanque (T06)	1	R\$ 12.052,58
Tanque (T07 e T08)	2	R\$ 34.759,21
Tanque (T)	1	R\$ 156.069,65
Tanque de Armazenamento (TH-01)	1	R\$ 52.319,72
Tanque de Armazenamento (TCC-01)	1	R\$ 12.081,73
Tanque de Armazenamento (TE-01)	1	R\$ 41.158,21
Reservatório de água fria	1	R\$ 500.000,00
Reservatório de água quente	1	R\$ 100.652,41
Centrífuga (C01)	1	R\$ 66.576,44
Centrífuga (C02)	1	R\$ 127.412,54
Centrífuga (C03)	1	R\$ 15.891,58
Centrífuga (C04)	1	R\$ 190.321,80
Centrífuga (C05)	1	R\$ 156.365,10
Centrífuga (C06)	1	R\$ 3.667,18
Tanque Pulmão (TP01)	1	R\$ 13.422,13
Tanque Pulmão (TP02)	1	R\$ 10.919,98
Tanque Pulmão (TP03)	1	R\$ 8.129,55
Tanque Pulmão (TP04)	1	R\$ 14.144,90
Tanque Pulmão (TP05)	1	R\$ 14.761,59
Tanque Pulmão (TP06)	1	R\$ 6.735,30
Coluna de Destilação (D01)	1	R\$ 300.000,00
Secador (S01 e S02)	2	R\$ 918.400,00
Empacotadora (E01)	1	R\$ 40.383,00
Empacotadora (E02)	1	R\$ 49.357,00
Reator (R01)	1	R\$ 38.839,91
Reator (R02)	1	R\$ 18.697,39
Filtro Prensa (F01)	1	R\$ 81.084,60
Cristalizador (CR01)	1	R\$ 75.507,65

		(conclusão)
Equipamento	Quantidade	Valor (R\$)
Impelidor para CaCl ₂	1	R\$ 4.305,00
Caldeira	1	R\$ 89.778,00
Sistema CIP	1	R\$ 89.740,00
Compressor	1	R\$ 11.979,00
Chiller	1	R\$ 130.178,10
Total		R\$ 3.681.769,63

Fonte: Os autores (2019).

11.1.3 Custos com documentação e seguro

Os custos referentes ao licenciamento, ou seja, licenciamento prévio, de instalação, operação e ambiental para abertura da empresa, bem como o custo referente ao seguro, são estimados em 1% do valor de investimento fixo inicial, desconsiderando o capital de giro. Sendo assim, o valor com documentação será de R\$ 91.776,42, com o seguro equivalente ao mesmo valor, totalizando R\$ 91.776,42.

11.1.4 Custos extras

Dentro do investimento inicial de implementação da indústria deve-se considerar uma parcela do investimento para custos extras como pintura, estacionamento, suportes para os tanques, sistemas de ventilação, equipamentos de proteção individual (EPIs), além de gastos com telefone, internet e mobília. A parcela considerada para estes custos será de 5% do valor equivalente à edificação industrial e equipamentos. Sendo assim, o custo extra será de R\$ 236.226,56. Além disso, a Vinocorp utilizará duas camadas de manta polimérica como impermeabilização das cavidades para armazenamento da matéria-prima. Sabendo que a Vincorp contará com uma área de cavidade de 5616 m² e que, o custo da manta é de R\$ 15/m², tem-se um custo total de R\$ 84.240,00. Considerou-se também um valor de R\$ 100.000,00 para o sistema de tratamento de efluentes e R\$ 60.000,00 para o sistema de incêndio a ser utilizado.

11.1.5 Capital de giro

Para iniciar um empreendimento é necessário ter um capital de giro, ou seja, uma reserva financeira capaz de suprir as necessidades da empresa durante um determinado período de tempo. Para a Vinocorp, determinou-se um capital de giro equivalente a 2 meses, o qual foi calculado baseando-se nos custos fixos e variáveis da indústria, desprezando-se a depreciação. Desta forma, o capital de giro será de R\$ 2.589.663,80.

11.1.6 Custos com matéria-prima

Os custos estimados de matéria-prima para o período de um ano estão dispostos na Tabela 38. O custo referente ao etanol foi estimado com base no preço obtido diretamente de usinas de etanol e o custo da borra de uva foi obtido do artigo de Kopsahelis et al. (2016), sendo o vinho residual considerado com o mesmo custo da borra, embora para a borra considerou-se um acréscimo de R\$ 0,04/kg para terceirização da armazenagem por parte das Vinícolas. O restante dos produtos químicos foi obtido através do site Alibaba, considerando uma taxa de importação de 100% do valor pago pelo produto. Sendo assim, o custo de matéria-prima anual estimado será de R\$ 11.016.060,40.

Tabela 38 - Custo anual de matéria-prima.

Matéria-prima	Quantidade anual (ton)	Custo Unitário (R\$/ton)	Custo Total anual (R\$)
Borra da Uva	17.518,36	50	875.917,88
Vinho Residual	674,46	10	6.744,60
Etanol Hidratado	3.917,34	2.200,00	8.618.148,00
Ácido Sulfúrico	485,81	1.640,00	796.728,40
Hidróxido de Cálcio	182,39	2.006,40	365.947,30
Cloreto de Cálcio	366,73	961,4	352.574,22
Total	23.145,09	6.867,80	11.016.060,40

Fonte: Os autores (2019).

11.1.7 Custos com mão de obra

Na Vinocorp há um total de 27 colaboradores, cujas funções estão apresentadas na Tabela 39 juntamente com os salários correspondentes aos cargos, de acordo com a Pesquisa Salarial no Brasil para uma empresa de pequeno porte. Sendo assim, tem-se 68,17% do valor considerado para encargos, considerando a 3ª situação para o cálculo de encargos sociais e trabalhistas (Empresa não optante pelo simples - Cálculo sobre um salário de mensalista), conforme Anexo AF, contendo determinada porcentagem para cada encargo (férias, INSS, 13º salário, entre outros). Levando em consideração que o salário para os funcionários que trabalham durante o período noturno possui um acréscimo de 20% por hora trabalhada em relação aos funcionários do diurno, tem-se que o valor anual a ser pago com mão de obra é de R\$ 1.182.564,74.

Tabela 39- Custo com mão de obra para cada função.

(continua)

Cargo	Nº de Funcionários	Nº de Funcionários Noite	Salário Mensal [R\$]	Salário com adicional noturno [R\$]	Custo Anual [R\$/ano]
Encarregado de Recebimento de Matéria-prima	2	-	1.215,96	-	29.183,04
Engenheiro	1	-	4.602,04	-	55.224,48
Técnicos de Manutenção	2	-	2.210,85	-	53.060,40
Operadores de Caldeira	2	1	1.953,07	2.343,68	74.997,89
Auxiliares de produção	7	2	1.215,96	1.459,15	137.160,29
Gerente de Vendas	1	-	5.427,28	-	65.127,36
Analista de Recursos Humanos	1	-	2.438,72	-	29.264,64
Auxiliar financeiro	1	-	1.511,12	-	18.133,44
Auxiliar administrativo	1	-	1.298,41	-	15.580,92
Diretoria	1	-	11.275,46	-	135.305,52

(conclusão)					
Cargo	Nº de Funcionários	Nº de Funcionários Noite	Salário Mensal [R\$]	Salário com adicional noturno [R\$]	Custo Anual [R\$/ano]
Auxiliar de Limpeza	3	-	1.117,54	-	40.231,44
Analista de Logística	1	-	2.702,86	-	32.434,32
Operador de Empilhadeira	1	-	1.457,69	-	17.492,28
Total	27		38.426,96	-	703.196,02
Total com Encargos Sociais	-	-	-		1.182.564,74

Fonte: Os autores (2019).

11.1.8 Custos com utilidades

As utilidades presentes no processo são água, ar comprimido, vapor e energia elétrica. Para o ar comprimido empregou-se um compressor, para geração de vapor utilizou-se uma caldeira movida à lenha de eucalipto, o qual possui um valor de aquisição de R\$ 40,00/m³, segundo o Informativo Conjuntural da Emater/RS. Sabendo que a indústria necessita de 10.229,76 m³/ano, tem-se um valor de R\$ 409.190,40 anual para esse material de consumo.

Para a água utilizada no processo tem-se um poço artesiano localizado na parte externa da indústria. Logo, a Vinocorp não terá um custo de utilização dessa utilidade, apenas de instalação do poço e manutenção do mesmo, o qual considerou-se um valor equivalente a R\$ 10.000,00.

Em relação à energia elétrica utilizada no processo, há um total de 792.349,15 KWh utilizados nos 222 dias de operação da planta, equivalente a um custo de R\$ 522.950,44 anual, sendo este valor simulado no site da Companhia Estadual de Energia Elétrica, empresa responsável pela distribuição de Energia Elétrica no Rio Grande do Sul. Desse modo, o custo final equivalente às utilidades do processo é de R\$ 942.140,84. Os custos referentes às utilidades estão presentes na Tabela 40.

Tabela 40 - Custo com Utilidades.

Utilidade	Valor (R\$)
Energia Elétrica	522.950,44
Água	10.000,00
Vapor	409.190,4
Total	942.140,84

Fonte: Os autores (2019).

11.1.9 Custos com depreciação

Os bens sujeitos à depreciação estão dispostos na Tabela 41, bem como as taxas anuais de depreciação, as quais foram obtidas por meio da Receita Federal. Sendo assim, a depreciação anual do projeto será de R\$ 569.395,98. Considerando o tempo de vida útil do projeto de 10 anos, tem-se uma depreciação prevista de R\$ 5.693.959,77.

Tabela 41 - Custos com depreciação.

Tipo de investimento	Taxa anual (%)	Depreciação [R\$]
Pavilhão Industrial	4,00	26.171,45
Prédio Auxiliar	4,00	9.367,93
Equipamentos	10,00	368.176,96
Instalação Elétrica	10,00	73.635,39
Tubulação, bombas e acessórios	10,00	92.044,24
Total anual	-	569.395,98
Total para vida útil	-	5.693.959,77

Fonte: Os autores (2019).

11.2 CUSTOS FIXOS E VARIÁVEIS

Os custos da empresa podem ser classificados em fixos e variáveis. Os fixos são aqueles que não sofrem alteração conforme a variação do volume produzido, como mão de obra, manutenção, alimentação e depreciação, conforme disposto na Tabela 42. Para manutenção considerou-se 2% do valor de aquisição dos equipamentos, enquanto que para os gastos com alimentação foi considerado um valor de R\$ 10,00/refeição. Já os custos

variáveis variam proporcionalmente de acordo com o mesmo. São eles: matérias-primas, utilidades, embalagem e frete, os quais estão dispostos na Tabela 43. Considerou-se um custo de 15% sobre o custo da matéria-prima para frete, de acordo com o Guia do TRC, e R\$1,30 por unidade de embalagem, os quais serão adquiridas através do Alibaba, sendo estas de tecido de polipropileno.

Tabela 42 - Custos Fixos da Vinocorp.

Descrição	Valor anual (R\$)
Mão de Obra	1.182.564,74
Manutenção	73.635,39
Alimentação	59.940,00
Depreciação	569.395,98
Total	1.885.536,11

Fonte: Os autores (2019).

Tabela 43- Custos Variáveis da Vinocorp.

Descrição	Valor anual (R\$)
Matéria-prima	11.016.060,40
Utilidades	942.140,84
Embalagem	41.836,38
Frete	1.673.700,08
Total	13.673.737,70

Fonte: Os autores (2019).

11.3 PREÇO DE VENDA

Para estimar o preço de venda de ambos os produtos produzidos pela Vinocorp, considerou-se que 30% dos custos totais anuais da empresa serão destinados para a produção de antocianina, enquanto que 70% serão destinados para a produção de ácido tartárico. Para calcular o custo de comercialização de ambos os produtos, utilizou-se a Equação (1).

$$pv = \frac{X}{1 - \frac{(CC + MDL)}{100}} \quad (1)$$

Onde, pv é o preço de venda, X o custo total unitário, CC o custo de comercialização e MDL a margem de lucro.

Para calcular o custo total unitário utilizou-se a quantidade produzida anualmente de ambos os produtos, os quais foram obtidos através do balanço de massa, descrito no Apêndice A, bem como o custo total anual para a operação da planta, incluindo custos fixos e variáveis. Obteve-se para o ácido tartárico um custo médio de R\$ 17,50/kg e da antocianina é de R\$ 42,41/kg.

Tabela 44 - Custo médio de ácido tartárico e antocianina.

Descrição	Quantidade produzida (Kg)	Custo Total	Custo Médio (Kg)
Antocianina	109.916,64	4.661.394,84	42,41
Ácido Tartárico	621.351,36	10.876.587,95	17,50

Fonte: Os autores (2019).

No cálculo do custo de comercialização devem-se levar em consideração alguns custos incidentes, desde impostos até comissão de vendas e frete, bem como inadimplência, dispostos na Tabela 45.

Tabela 45 - Custos de comercialização.

Descrição	Percentual (%)
ICM's	12
COFINS	3,65
Comissão de Vendas	3
Comissão de Frete	3
Inadimplência	0,5
Total	22,15

Fonte: Os autores (2019).

A margem de lucro foi estimada através de uma análise de sensibilidade, presente na Tabela 46, na qual, optou-se pelo preço de venda levando-se em conta os preços de mercado para ambos os produtos. Deste modo, o preço de venda do ácido tartárico será de R\$ 33,12/kg,

com uma margem de lucro de 25%, enquanto o preço da antocianina será de R\$ 152,27, com uma margem de lucro de 50%.

Tabela 46 - Análise de sensibilidade.

Margem de Lucro	25%	30%	40%	50%
Preço de Venda antocianina (kg)	80,24	88,63	112,04	152,27
Preço de Venda ácido tartárico (kg)	33,12	36,58	46,25	62,85
TIR	34%	43%	69%	111%

Fonte: Os autores (2019).

11.4 FINANCIAMENTO

Para realizar a implementação do projeto, a Vinocorp irá financiar 80% do custo inicial de investimento, equivalente a R\$ 7.342.113,34, desconsiderando o capital de giro, documentação e seguro, através do Banco Nacional de Desenvolvimento (BNDES). Considerou-se uma taxa de juros de 12% a.a e um período de 5 anos para pagamento total. Para esse financiamento será utilizado o Sistema de Amortização Crescente (SACRE), sendo que o restante do investimento, o qual equivale a R\$ 4.608.744,97 será implementado com recursos próprios.

Os valores de prestação, juros, amortização e saldo devedor estão presentes na Tabela 47.

Tabela 47 - Financiamento.

Períodos	Juros	Amortização	Parcelas	Saldo devedor
0	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 7.342.113,34
1	R\$ 881.053,60	R\$ 1.468.422,67	R\$ 2.349.476,27	R\$ 5.873.690,68
2	R\$ 704.842,88	R\$ 1.644.633,39	R\$ 2.349.476,27	R\$ 4.229.057,29
3	R\$ 507.486,87	R\$ 1.841.989,40	R\$ 2.349.476,27	R\$ 2.387.067,89
4	R\$ 286.448,15	R\$ 2.063.028,12	R\$ 2.349.476,27	R\$ 324.039,77
5	R\$ 38.884,77	R\$ 324.039,77	R\$ 362.924,54	R\$ 0,00
Total	R\$ 2.418.716,28	R\$ 7.342.113,34	R\$ 9.760.829,62	

Fonte: Os autores (2019).

11.5 VIABILIDADE DO PROJETO

Para analisar a viabilidade do projeto estimou-se a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Valor Presente Líquido (VPL). Para determinar o fluxo de caixa levou-se em consideração custos com Impostos e Tributos, de aproximadamente 10,69% sobre a Receita de vendas bruta. Além disso, assumiu-se um desconto de Imposto de Renda de 15%, bem como a Contribuição Social Sem Lucro de 10%. Considerou-se que no primeiro ano a Vinocorp terá um percentual de produção de 50% da capacidade total, aumentando 10% até o 5º ano de produção, o qual passará a ter um percentual constante de 90%. O fluxo de caixa com receitas bem como o desconto equivalente aos impostos pode ser observado na Tabela 48.

Sabendo que a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) considerada é de 12% e o TIR estimado é de 58%, tem-se que $TIR > TMA$, além de um VPL positivo, de R\$ 41.475.701,12, indicando assim a rentabilidade e viabilidade econômica do projeto. Além disso, adicionou-se às receitas um valor referente ao resíduo vendido para compostagem, o qual gerará anualmente, um faturamento de R\$ 379.962,06 após o quinto ano, considerando um preço de venda de R\$ 0,05/kg de resíduo.

Tabela 48 - Análise do Fluxo de Caixa.

PERCENTUAL DE VENDAS	50%	60%	70%	80%	90%	90%
DESCRIÇÃO	VALOR (R\$)					
Receita de vendas	18.869.171,94	22.643.006,33	26.416.840,72	30.190.675,10	33.964.509,49	33.964.509,49
(-) Impostos e Tributos (10,65% + 0,038%)	2.016.737,10	2.420.084,52	2.823.431,94	3.226.779,36	3.630.126,77	3.630.126,77
Receita Líquida	16.852.434,84	20.222.921,81	23.593.408,78	26.963.895,75	30.334.382,72	30.334.382,72
(-) Custos Variáveis	6.826.223,34	8.191.468,01	9.556.712,67	10.921.957,34	12.287.202,01	12.287.202,01
(-) Custos Fixos	1.885.536,11	1.885.536,11	1.885.536,11	1.885.536,11	1.885.536,11	1.885.536,11
Lucro Operacional	8.140.675,39	10.145.917,69	12.151.160,00	14.156.402,30	16.161.644,60	16.161.644,60
(-) IR (15%)	1.221.101,31	1.521.887,65	1.822.674,00	2.123.460,34	2.424.246,69	2.424.246,69
Lucro após IR	6.919.574,08	8.624.030,04	10.328.486,00	12.032.941,95	13.737.397,91	13.737.397,91
(-) Contribuição Social s/ Lucro (10%)	691.957,41	862.403,00	1.032.848,60	1.203.294,20	1.373.739,79	1.373.739,79
Lucro após Contrat. Social	6.227.616,68	7.761.627,04	9.295.637,40	10.829.647,76	12.363.658,12	12.363.658,12
Financiamentos	2.349.476,27	2.349.476,27	2.349.476,27	2.349.476,27	362.924,54	
(+) Depreciação	569.395,98	569.395,98	569.395,98	569.395,98	569.395,98	569.395,98
Fluxo de Caixa	4.447.536,38	5.981.546,74	7.515.557,10	9.049.567,46	12.570.129,55	12.933.054,09

Fonte: Os autores (2019).

11.5.1 Análise de *Payback*

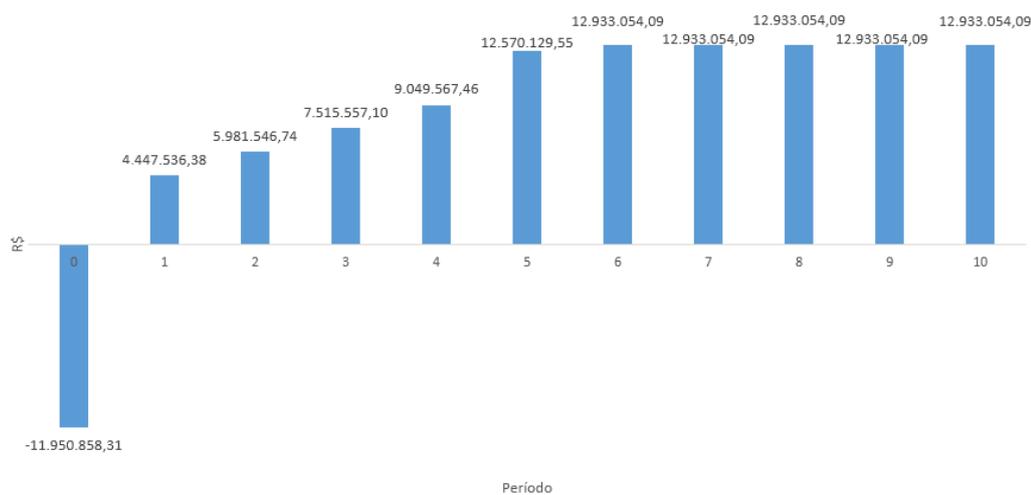
O *Payback*, ou seja, o tempo necessário para recuperação do investimento inicial do projeto é de 2 anos, 2 meses e 13 dias, o qual foi determinado através do fluxo de caixa, presente na Tabela 49 e representado pela Figura 41.

Tabela 49 - Fluxo de Caixa.

Períodos	Fluxo de Caixa
0	-11.950.858,31
1	4.447.536,38
2	5.981.546,74
3	7.515.557,10
4	9.049.567,46
5	12.570.129,55
6	12.933.054,09
7	12.933.054,09
8	12.933.054,09
9	12.933.054,09
10	12.933.054,09

Fonte: Os autores (2019).

Figura 41 - Fluxo de caixa.



Fonte: Os autores (2019).

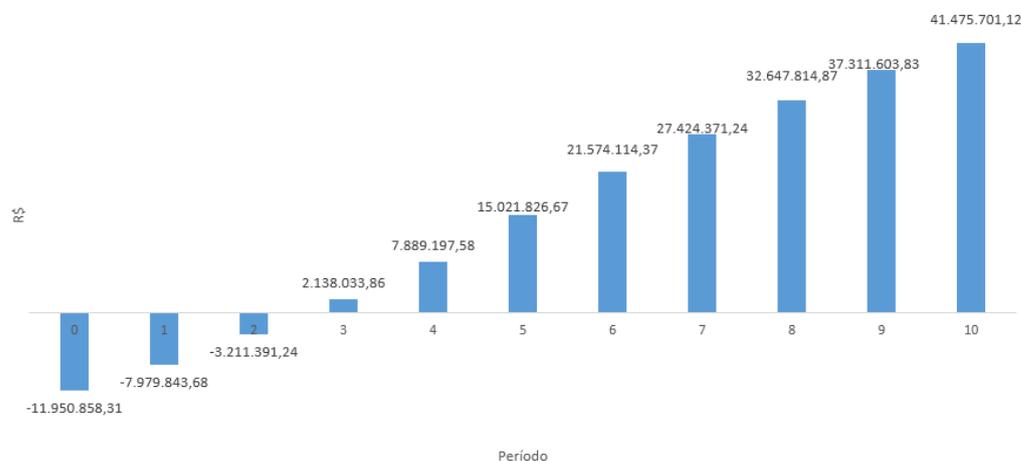
Para o cálculo do *Payback* descontado é necessário conhecer o Valor Presente Líquido (VPL) e o Valor Futuro Líquido (VFL), sendo este o valor do fluxo de caixa para cada período. O VPL foi calculado através do *software* Excel, sendo este feito através da atualização do fluxo de caixa de um investimento para o valor atual, considerando uma taxa de desconto, a Taxa Mínima de Atratividade. O *Payback* descontado calculado é de 2 anos, 7 meses e 6 dias. O fluxo de caixa descontado está apresentado na Figura 42.

Tabela 50 - Valor Presente e saldo em função do período.

Períodos	VFL	VP	Saldo
0			-11.950.858,31
1	4.447.536,38	3.971.014,63	-7.979.843,68
2	5.981.546,74	4.768.452,44	-3.211.391,24
3	7.515.557,10	5.349.425,10	2.138.033,86
4	9.049.567,46	5.751.163,72	7.889.197,58
5	12.570.129,55	7.132.629,09	15.021.826,67
6	12.933.054,09	6.552.287,70	21.574.114,37
7	12.933.054,09	5.850.256,87	27.424.371,24
8	12.933.054,09	5.223.443,64	32.647.814,87
9	12.933.054,09	4.663.788,96	37.311.603,83
10	12.933.054,09	4.164.097,29	41.475.701,12

Fonte: Os autores (2019).

Figura 42 - Fluxo de caixa descontado.



Fonte: Os autores (2019).

Nos primeiros anos de produção a indústria apresentará saldo negativo, uma vez que é necessário começar a pagar o investimento, bem como todos os encargos operacionais, ao mesmo tempo que a produção ainda não terá capacidade total, o que limita os lucros. O fluxo de caixa descontado apresentou um comportamento aproximadamente linear e após o segundo ano apresentou valores positivos. Sendo assim, a Vinocorp obterá retorno do investimento inicial a partir do sexto dia do sétimo mês do terceiro ano de operação.

12. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As antocianinas são uma alternativa para a substituição dos corantes sintéticos, uma vez que estes são abundantes na natureza, apresentando um amplo espectro de cores e, também diversos efeitos benéficos à saúde humana (LOPES et al., 2007). Já o ácido tartárico é utilizado como acidulante, conferindo ou intensificando o sabor ácido dos alimentos.

Tendo em vista essa demanda por produtos de origem natural, a extração de antocianinas e a produção de ácido tartárico, provenientes da borra da vinificação, apresentou-se como uma opção viável tanto ambientalmente como financeiramente.

O projeto será localizado em Bento Gonçalves no Rio Grande do Sul, diminuindo os custos com o transporte do recebimento de matéria-prima já que é o município em que há maior produção de borra, além de facilitar o escoamento dos produtos finais. A planta possui uma área de 11.741 m² e os custos com a produção equivalem a 15.701.213,93/ano.

A produção estimada da Vinocorp é de 621.351,36 kg/ano de ácido tartárico e 109.916,64 kg/ano de antocianina. O preço de venda do ácido tartárico será de R\$ 33,12 e da antocianina de R\$ 152,27. O rendimento do processo foi de 68% para o ácido tartárico e 78% para a antocianina.

Conforme a análise econômica a taxa interna de retorno será de 58%, taxa mínima de atratividade igual a 12%, valor presente líquido de R\$ 41.475.701,12 e o *payback* descontado será de 2 anos, 7 meses e 6 dias. Sendo assim, o processo de produção de antocianina e ácido tartárico mostrou-se viável economicamente.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. Sistema de levantamento de preços. Disponível em: <<http://preco.anp.gov.br/>>. Acesso em: 17 de outubro de 2019.

AGUIAR, E. **Canvas - Recursos Chave**. Disponível em: <<https://www.horadeempreender.com.br/canvas-recursos-chave/>>. Acesso em: 19 de julho de 2019.

ALIBABA. Chiller. Disponível em: <https://www.alibaba.com/product-detail/Industrial-Cooling-System-40-Ton-140KW_60751937731.html>. Acesso em: 10 de outubro de 2019.

ALIBABA. CIP. Disponível em: <<https://m.alibaba.com/product/62076710627/Automatic-clean-in-place-cip-cleaning.html?spm=a2700.7724838.2017115.271.754659d6wS6WpA&redirect=1>>. Acesso em: 15 de outubro de 2019.

ANIDROL. Ficha de informação de segurança de produto químico - Álcool Etfílico 95% (96 °GL) PA. Disponível em: <<http://www.anidrol.com.br/fispq/PAP.A-1211.pdf>>. Acesso em: 29 de setembro de 2019.

ANIDROL. Ficha de informação de segurança de produto químico - Hidróxido de Cálcio. Disponível em: <<http://www.anidrol.com.br/fispq/HIDROXIDO%20DE%20CALCIO%20A-1522.pdf>>. Acesso em: 27 de setembro de 2019.

ASME BPE-2016. Bioprocessing Equipment. Disponível em: <<http://www.fsmwmetal.com/uploadfiles/2018/03/20180329160017017.pdf>>. Acesso em: 11 de novembro de 2019.

ATANIS WATER TANK. Stainless Steel Water Tank. Disponível em: <<https://www.atanistank.com/steel-water-tank/stainless-steel-water-tank.html>>. Acesso em: 21 de outubro de 2019.

BAI, Z. et al. Utilization of winery wastes for *Trichoderma viride* biocontrol agent production by solid state fermentation. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1001074208600558>>. Acesso em: 10 de setembro de 2019.

BENDER A. B. B. et al. **Obtenção e caracterização de farinha de casca de uva e sua utilização em snack extrusado**. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/bjft/v19/1981-6723-bjft-1981-67231016.pdf>>. Acesso em: 10 de maio de 2019.

BOMBASKING. Produtos. Disponível em: <<https://bombasking.com.br/produtos/>>. Acesso em: 26 de outubro de 2019.

BRAGA, F. G. **Valorização Industrial de Subprodutos Vinícolas**, Blucher, Porto, 2002.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. Pigmentos naturais. In: BOBBIO, P. A.; BOBBIO,

F. O. (Ed.) Introdução à Química de Alimentos. 2ª ed., São Paulo: Varela, 1995. cap.6, p.191-223.

CALORISOL. Isolantes térmicos. Disponível em:
<<http://www.calorisol.com/hidrossicalato.htm>>. Acesso em 31 de julho de 2019.

CENTRISYS. Centrífugas Decanter. Disponível em:
<<https://www.tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2017/01/Centrisys-Decanter-Brochure-PT.pdf>>. Acesso em: 27 de agosto de 2019.

CHIAPERINI. Catálogo do compressor. Disponível em:
<<https://www.chiaperini.com.br/produtos/compressores/industrial-blue/compressor-de-ar-alta-pressao-60-pcm-360-litros-chiaperini-60-360-blue/>> Acesso em: 10 de novembro de 2019

CHEMSOURCE. SULFURIC ACID. Disponível em: <<https://chemsource.us/chemical-distributor/sulfuric-acid-supplier-1.aspx>>. Acesso em: 25 de setembro de 2019.

COMEX STAT. Exportação e Importação Geral. Disponível em:
<<http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral>>. Acesso em: 18 de julho de 2019.

CONSELHO REGIONAL DE QUÍMICA - TERCEIRA REGIÃO RIO DE JANEIRO.
Química Verde: Sustentabilidade na Indústria Brasileira. Disponível em:
<<http://crq3.org.br/noticia/quimica-verde-sustentabilidade-na-industria-brasileira/>>. Acesso em: 22 de novembro.

DA SILVA, E. B. **Desenvolvimento de uma máquina filtro prensa de placas e marcos para realizar o processo de filtração sólido-líquido em uma indústria química.** Universidade de Caxias do Sul, 2013. Disponível em:
<<https://repositorio.ucs.br/xmlui/bitstream/handle/11338/1808/TCC%20Elias%20Bitencourt%20da%20Silva%202013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 19 de julho de 2019.

DA SILVA, E. C.; SABIONI, L. M. Sistemas de agitação e mistura. Disponível em:
<<http://fatecgarca.edu.br/uploads/documentos/tcc/monografias/mecatronica/2013/Ezequias%20Carvalho%20da%20Silva%20Lucas%20de%20Moura%20Sabioni%20-%20Sistemas%20de%20agita%C3%A7%C3%A3o%20e%20mistura.pdf>>. Acesso em: 24 de outubro de 2019.

DA SILVA, G. D. L. **Investigação de Novas Metodologias de Análise e Controle de Qualidade para o Ácido Tartárico.** Disponível em:
<<https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUOS-AUVJQ3>>. Acesso em: 01 de dezembro de 2019.

DA SILVA, J. P. M. E. M. **Estudo da Redução do Consumo de Água na Estabilização Tartárica de Vinhos por Electrodialise.** Disponível em:
<<https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/1689244997255950/Tese-versao%20para%20o%20fenix.pdf>>. Acesso em: 20 de outubro de 2019.

DA SILVA, L. M. L. R. **Caracterização dos subprodutos da vinificação**. Disponível em: <<http://www.ipv.pt/millennium/Millennium28/10.pdf>>. Acesso em: 24 de maio de 2019.

EMBRAPA, **Disponibilidade e Características de Resíduos Provenientes da Agroindústria de Processamento de Uva do Rio Grande do Sul**. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/104074/1/Comunicado-Tecnico-155.pdf>>. Acesso em: 24 de maio de 2019.

FAZFORTE. Caixa D'água. Disponível em: <<https://www.fazforte.com.br/reservatorio-grande-porte.php>>. Acesso em: 10 de novembro de 2019.

FENOCCHIO, P. **Determinação do teor em ácido tartárico dos subprodutos dos vinhos e destilados**. Disponível em: <<http://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/viewFile/17372/11633>>. Acesso em: 10 de maio de 2019.

FENOX. Catálogo de Produtos. Disponível em: < <http://fenox.com.br/wp-content/uploads/2019/02/Catalogo-2019-Ingles-2-Final.pdf> >. Acesso em: 12 de outubro de 2019.

FENOX. Para que serve um tanque pulmão? Disponível em: <<https://fenox.com.br/para-que-serve-um-tanque-pulmao/>>. Acesso em: 21 de outubro de 2019.

FEPAM, Guia básico do licenciamento ambiental. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/licenciamento/documentos/Guia_Basico_Lic.pdf>. Acesso em: 31 de maio de 2019.

FIB - Food Ingredients Brasil. **Tendência de preferência por corantes naturais**. Disponível em: <<https://revista-fi.com.br/artigos/corantes/tendencia-de-preferencia-por-corantes-naturais>>. Acesso: 30 de novembro de 2019

FOOD INGREDIENTS, Nº 37 - 2016. Disponível em: <http://revista-fi.com.br/upload_arquivos/201606/2016060379150001466685022.pdf>. Acesso em: 10 de maio de 2019.

FRANCIS, F.J., **Food Colorants: anthocyanins, Critical Reviews Food Science Nutrition**, v. 28, n. 4, p. 273-314, 1989.

FRAZÃO, M. Como Caxias do Sul, Bento Gonçalves e Farroupilha atraem novos investidores. **Pioneiro**, Caxias do Sul, 03 set. 2019. Disponível em: <<http://pioneiro.clicrbs.com.br/rs/economia/noticia/2019/09/como-caxias-do-sul-bento-goncalves-e-farroupilha-atraem-novos-investidores-11102639.html>>. Acesso em: 29 de setembro de 2019.

FRIENDSLAB. O que é e como elaborar o CANVAS. Disponível em: <>. Acesso em: 23 de novembro de 2019.

GALVÃO, A. C. et al. Degradação térmica de antocianinas do repolho roxo. Disponível em: <http://www1.udesc.br/arquivos/id_submenu/2259/21.pdf>. Acesso em: 13 de outubro de 2019.

GEA. Types of spray drying installations. Disponível em: <<https://www.gea.com/en/expert-knowledge/milk-powder-manufacture/types-spray-drying-installations.jsp>>. Acesso em: 01 de novembro de 2019.

GENERAL INDUSTRIES INC. Sulfuric acid storage tanks. Disponível em: <<https://www.gitank.com/sulfuric-acid-storage-tanks>>. Acesso em: 06 de outubro de 2019.

HARBORNE, J.B.; GRAYER, R.J., **The anthocyanins. In: The flavonoids: advances in research since 1980.** Chapman & Hall, London, 1988, p. 1-20.

HIDROMON. SISTEMA DE COMBATE À INCÊNDIO INDUSTRIAL. Disponível em: <<http://www.hidromon.com.br/sistema-combate-incendio-industrial>>. Acesso em: 25 de setembro de 2019.

HIMMELBLAU, D. M.; J. B., **Engenharia Química –Princípios e Cálculos**, 7ªed., Rio de Janeiro, LTC, 2006.

IBRAVIN/EMBRAPA, Cadastro Vitícola - RS. Disponível em: <<http://www.cnpuv.embrapa.br/cadastro-viticola/rs-2013-2015/dados/home.html>>. Acesso em: 24 de maio de 2019.

INCHEM. Calcium chloride (anhydrous). Disponível em: <<http://www.inchem.org/documents/icsc/icsc/eics1184.htm>>. Acesso em: 19 de outubro de 2019.

INCROPERA, F. P.; DE WITT, D. P.; BERGMAN, T. **Fundamentos de transferência de calor e massa.** 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGAÇÃO AGRÁRIA E VETERINÁRIA - INIAV. **Sobre a cor dos vinhos tintos o estudo das antocianinas e compostos análogos não parou nos anos 80 do século passado.** Disponível em: <docplayer.com.br/114002733-Sobre-a-cor-dos-vinhos-tintos-o-estudo-das-antocianinas-e-compostos-analogos-nao-parou-nos-anos-80-do-seculo-passado.html>. Acesso em: 24 de maio de 2019.

IPEA. **O que é? FOB.** Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com_content&view=article&id=2115:catid=28&Itemid=23>. Acesso em: 18 de julho de 2019.

KATO, C. G., TONHI, C. D., CLEMENTE, E. **Antocianinas de uvas (vitis vinífera l.) produzidas em sistema convencional.** Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbta/article/view/979/864>>. Acesso em: 25 de setembro de 2019.

KIRK-OTHMER. **Encyclopedia of chemical technology Vol. 13.** 4th Edition, Wiley, 1999.

KOPSAHELIS, N. et al. Refining of wine lees and cheese whey for the production of microbial oil, polyphenol-rich extracts and value-added co-products. Disponível em:

<<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/jctb.5348>>. Acesso em: 23 de agosto de 2018.

LACHMAN, J. et al. **Determination of rheological behaviour of wine lees**. Disponível em:

<[http://produkcja.ipan.lublin.pl/uploads/publishing/files/6%20Lachman%2029\(3\).pdf](http://produkcja.ipan.lublin.pl/uploads/publishing/files/6%20Lachman%2029(3).pdf)>. Acesso em: 10 de setembro de 2019.

LEWIS, A. E., SECKLER, M., KRAMER, H., VAN ROSMALEN, G. **Industrial Crystallization: Fundamentals and Applications**. Cambridge University Press, 2015.

LOBO, A. C. M.; VELASQUE, L. F. L. Revisão de literatura sobre os efeitos terapêuticos do açaí e sua importância na alimentação. Disponível em:

<<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/biosaude/article/download/27624/20446>>. Acesso em: 29 de setembro de 2019.

LOPES, T. J. et al. **Antocianinas: uma breve revisão das características estruturais e da estabilidade**. Disponível em:

<<https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/CAST/article/download/1375/1359>>. Acesso em: 24 de maio de 2019.

MACINTYRE, A. J. **Instalações Hidráulicas Prediais e Industriais**, 4ª edição, Rio de Janeiro, LTC, 2010.

MELLO, L. **Vitivinicultura brasileira: panorama 2017**. Bento Gonçalves Embrapa Uva e Vinho (Comunicado Técnico, 207).

MIXER DIRECT. 1000 Gal, 316SS, Cone Bottom Tank, #2B Finish. Disponível em: <<https://www.mixerdirect.com/collections/stainless-storage-tanks/products/1000-gal-316ss-cone-bottom-tank-2b-finish>>. Acesso em: 06 de outubro de 2019.

MIXER DIRECT. 2000 Gal, 304SS, Flat Bottom Tank, #2B Finish. Disponível em: <<https://www.mixerdirect.com/collections/stainless-process-tanks/products/2000-gal-304ss-flat-bottom-tank-2b-finish>>. Acesso em: 31 de outubro de 2019.

MIXER DIRECT. 350 Gal, 316SS, Cone Bottom Tank, #2B Finish. Disponível em: <<https://www.mixerdirect.com/collections/stainless-process-tanks/products/350-gal-316ss-cone-bottom-tank-2b-finish>>. Acesso em: 24 de outubro de 2019.

MIXER DIRECT. Axial Flow Turbine RBW, 16" Diameter, 3/4" Bore. Disponível em: <<https://www.mixerdirect.com/collections/medium-shear/products/axial-flow-turbine-rbw-16-diameter-3-4-bore>>. Acesso em 12 de novembro de 2019.

MIXER DIRECT. Axial Flow Turbine RBW, 24" Diameter, 1 1/4" Bore. Disponível em: <<https://www.mixerdirect.com/collections/medium-shear/products/axial-flow-turbine-rbw-24-diameter-1-1-4-bore>>. Acesso em 24 de outubro de 2019.

MIXER DIRECT. Axial Flow Turbine RBW, 34" Diameter, 1 3/4" Bore. Disponível em: <<https://www.mixerdirect.com/collections/medium-shear/products/axial-flow-turbine-rbw-34-diameter-1-3-4-bore>>. Acesso em 24 de outubro de 2019.

NIAGARA. Válvula Gaveta Aço Inox Classe 150. Disponível em:
<<https://www.niagara.com.br/produto/fig-667-valvula-gaveta-aco-inox-classe-150-haste-ascendente>>. Acesso em: 10 de outubro de 2019.

NETZSCH. Catálogo Bomba Helicoidal. Disponível em:
<<https://www.netzsch.com.br/upload/download/BOMBA%20NEMO%C2%AE%20BY.pdf>>. Acesso em: 10 de outubro de 2019

NR 5 - COMISSÃO INTERNA DE PREVENÇÃO DE ACIDENTES. Disponível em:
<<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR5.pdf>>. Acesso em: 11 de novembro de 2019.

QUIMIDROL. Ficha de informações de segurança de produto químico fispq - Cloreto de Cálcio. Disponível em:
<https://www.quimidrol.com.br/media/blfa_files/Cloreto_de_Calcio_Escamas_3.pdf>. Acesso em: 27 de setembro de 2019.

RIO GRANDE DO SUL. **Decreto nº 38.988**, de 29 de outubro de 1998. Aprova o Regulamento da LEI Nº 10.989 de 13 de agosto de 1997, que dispõe sobre a produção, circulação e comercialização da uva, do vinho e derivados da uva e do vinho e dá outras providências. Disponível em:
<http://www.al.rs.gov.br/legis/M010/M0100099.ASP?Hid_Tipo=TEXTO&Hid_TodasNormas=5801&hTexto=&Hid_IDNorma=5801>. Acesso em: 19 de julho de 2019.

ROSA, E.D.; TSUKADA, M.; FREITAS, L.A.P. Secagem por atomização na indústria alimentícia: fundamentos e aplicações. Disponível em:
<http://www.fazu.br/novo/jornada2006/PALESTRAS/ENGE/palestra2.pdf>. Acesso em: 27 de outubro de 2019.

SAITO, A. A.; IGARASHI, K.; AZUMA, M.; OOSHIMA, H. **Aggregation of f-acetanisidide molecules in the under- and super-saturated solution and its effect on crystallization**. Journal of Chemical Engineering of Japan, v. 35, n. 11, pp. 1133-1139, 2002.

SALGADO et al. **Improving downstream processes to recover tartaric acid, tartrate and nutrients from vinasses and formulation of inexpensive fermentative broths for xylitol production**. Disponível em:
<https://www.researchgate.net/publication/45186344_Improving_downstream_processes_to_recover_tartaric_acid_tartrate_and_nutrients_from_vinasses_and_formulation_of_inexpensive_fermentative_broths_for_xylitol_production>. Acesso em: 24 de agosto de 2019.

SEBRAE. **Canvas: como estruturar seu modelo de negócio**. Disponível em:
<<https://www.sebraepr.com.br/como-estruturar-seu-modelo-de-negocio/>>. Acesso em: 19 de julho de 2019.

SEBRAE. **Manual de Licenciamento Ambiental**. Disponível em:
<http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/_arquivos/cart_sebrae.pdf>. Acesso em: 31 de maio de 2019.

SIGMA ALDRICH. **L-(+)-Tartaric acid**. Disponível em:
<<https://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/sial/251380?lang=pt®ion=BR>>.
Acesso em: 19 de julho de 2019.

SISDUCON-RS. Pesquisas e índices CUB – RS. Disponível em: <<https://www.sinduscon-rs.com.br/produtos-e-servicos/pesquisas-e-indices/cub-rs/>>. Acesso em: 02 de novembro de 2019.

SOTANQUES. Tanques industriais. Disponível em:
<<http://www.sotanques.com.br/produtos-e-servicos/tanques>>. Acesso em: 06 de outubro de 2019.

SPERLING, M. **Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: DESA/UFMG. 2005.

TAMIME, A. Y. **Cleaning-in-Place: Dairy, Food and Beverage Operations**. Thrid Edition, Blackwell Publishing Ltd, 2008.

TIOSERTEC. **Ficha de informação de segurança de produtos químicos - Cloreto de Cálcio**. Disponível em:
<<http://www.hcrp.fmrp.usp.br/sitehc/fispq/Cloreto%20de%20C%C3%A1lcio.pdf>>. Acesso em: 27 de setembro de 2019.

TROCALOR. **Catálogo Técnico de Trocadores de Calor**. Disponível em:
<https://fenomenosdetransporte2unisul.files.wordpress.com/2013/06/trocadores_de_calor.pdf>. Acesso em: 10/11/2019.

TROCALOR. **Informações técnicas, permutador de calor casco & tubos**. Rev 4, 2007. Disponível em: <<http://www.trocalor.com.br/pdf/cascotubo-rev4-2.pdf>>. Acesso em: 10/11/2019.

TSORI, Y. LEIBLER, L. Phase-separation of miscible liquids in a centrifuge. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1631070507002435>>. Acesso em: 01 de outubro de 2019

TURTON, et al. **Analysis, Synthesis, and Design of Chemical Processes**. Third edition. Prentice Hall PTR, 2009.

UNIVAL. Válvula gaveta. Disponível em: <<https://www.unival.com.br/produto/valvulas-industriais/valvula-gaveta/>> Acesso em: 19 de novembro de 2019.

USIQUÍMICA. Ficha de informação e segurança do produto. Ácido sulfúrico 98%. Disponível em: <http://www.usiquimica.com.br/adm_img/fispq-10.pdf>. Acesso em: 25 de setembro de 2019.

VENTRE, J. **Traité de vinification pratique et rationnelle**. Coulet, A. Dubois et R. Poulain, 1930.

VERONESE. Especificações do Produto: Ácido Tartárico. Caxias do Sul, 2012. Disponível em: <https://docs.wixstatic.com/ugd/d97838_44c1948388604c548fc4ffaa07577dce.pdf>. Acesso em: 13 dez. 2018.

VERONESE. Ficha de informações de Segurança de Produtos Químicos. Caxias do Sul, 2015. Disponível em: <https://docs.wixstatic.com/ugd/d97838_91268f8b29354a06abcaada3eae17e7a.pdf>. Acesso em: 25 de setembro de 2019.

VGRESÍDUOS. Conheça os métodos mais utilizados no reaproveitamento de resíduos. Disponível em: <<https://www.vgresiduos.com.br/blog/conheca-os-metodos-mais-utilizados-no-reaproveitamento-de-residuos/>>. Acesso em: 22 de novembro de 2019.

WECO. Catálogo da Caldeira. Disponível em: <http://www.weco.ind.br/site/files/Weco_Catalogo.pdf>. Acesso em: 15 de outubro de 2019.

YAOV, T., LEIBLER, T. **Phase-separation of miscible liquids in a centrifuge.** Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1631070507002435>>. Acesso em: 28 de setembro de 2019.

YASSUDA, E. R. et al. **Poços Profundos - Manual Técnico, subsídio para a aplicação de normas.** São Paulo: Faculdade de Higiene e Saúde Pública, 1965. 180 p.

APÊNDICES

APÊNDICE A - BALANÇO DE MASSA

Segundo Himmelblau (2006), o acúmulo de material dentro do sistema deve ser igual a diferença do total de material alimentado no sistema e do total de material retirado do sistema, conforme a Equação (2). Dessa forma, estimou-se uma produção diária de 17.518,38 toneladas de matéria-prima na Vinocorp. Estes dados foram utilizados para realizar os cálculos do balanço de massa para cada equipamento.

$$\begin{aligned} & \{Acúmulo de material dentro do sistema\} \\ & = \{Total de material alimentado no sistema\} \quad (2) \\ & - \{total de material retirado do sistema\} \end{aligned}$$

A partir da definição de escala, estimou-se a matéria total a ser processada por hora em 9863,64 kg/h, e com a composição inicial da borra, apresentada na Tabela 51, foi desenvolvido o balanço de massa com auxílio de um simulador computacional.

Tabela 51 - Composição da borra.

Componente	Fração Mássica
Ácido Tartárico	0,000
Água	0,629
Antocianina	0,008
Bitartarato de K	0,065
Etanol	0,057
HCl	0,000
KCl	0,000
Sólidos	0,241

Fonte: Adaptado de Kopsahelis et al. (2017).

Já o vinho residual, utilizado para a conservação da borra, foi calculado a partir do volume de borra que precisa ser armazenado. Por conseguinte, utilizou-se a Equação (3), na

qual encontrou-se o volume de borra e, considerou-se 10% deste volume como a quantidade de vinho residual a ser adicionado, conforme a Equação (4).

$$V_{borra} = \frac{m_{borra}}{\rho_{borra}} \quad (3)$$

Onde:

ρ_{borra} = densidade da borra (1.018 kg/m³)

m_{borra} = massa de borra total da produção (kg)

V_{borra} = volume de borra (m³)

$$V_{vinho\ residual} = 0,1 \cdot V_{borra} \quad (4)$$

Onde:

$V_{vinho\ residual}$ = volume de borra (m³)

Considerando que será necessário estocar 6.624 m³ de borra, serão necessários 662,4 m³ de vinho residual.

APÊNDICE B - BALANÇO DE ENERGIA

Segundo Himmelblau (2006), o balanço de energia pode ser definido como: o acúmulo de energia dentro do sistema de um tempo t_1 a t_2 é igual a energia total cumulativa que entra no sistema de t_1 a t_2 menos a energia total cumulativa que sai no sistema de t_1 a t_2 mais a geração de energia dentro do sistema de t_1 a t_2 menos o consumo de energia dentro do sistema de t_1 a t_2 .

Os cálculos do balanço de energia foram feitos partindo-se da Equação (5).

$$\frac{dE}{dt} = \Delta H + \Delta E_p + \Delta E_k + W' + Q + \text{perdas} \quad (5)$$

Onde:

$\frac{dE}{dt}$ = Acúmulo de energia no sistema

ΔH = Variação de entalpia

ΔE_p = Variação de energia potencial

ΔE_k = Variação de energia cinética

W' = Trabalho

Q = calor trocado

Foram feitas considerações de que a variação de energia potencial e a variação da energia cinética seriam iguais a zero, bem como o valor das perdas para o meio.

Os balanços de energia foram realizados nos trocadores de calor, cristalizador, refulvedor e condensador da destilação e, também, tanque de aquecimento da água. A única modalidade de energia que transita entre as respectivas fronteiras é o calor, logo, o balanço de energia se dará entre o fluxo de calor nas correntes.

APÊNDICE C - DIMENSIONAMENTOS

C.1 TANQUE DE ETANOL (TE-01)

A capacidade do tanque foi estimada de acordo com a Equação (6).

$$Q_{etanol} = F_{38} \cdot t_{operação} \quad (6)$$

Onde:

Q_{etanol} = Quantidade de etanol durante um dia de produção (kg)

F_{38} = Vazão mássica que entra de etanol (kg/h)

$t_{operação}$ = Tempo para começar a operação da Vinocorp (h)

De acordo com o balanço de massa, sabe-se que são necessários 10.335,13 kg de etanol para começar o processo. Calculou-se o volume do tanque de etanol necessário para atender a demanda de etanol de reposição durante 8 horas sendo a massa de 17.673 kg, conforme a Equação (7).

$$\rho_{etanol} = \frac{Q_{armazenada}}{V_{etanol}} \quad (7)$$

Onde:

ρ_{etanol} = Densidade do etanol (790-793 kg/m³)

$Q_{armazenada}$ = Massa de etanol que será armazenado (kg)

V_{etanol} = Volume de etanol (m³)

O volume foi calculado utilizando a Equação (6), dessa forma, obteve-se um valor de 22,37 m³. Considerando que este valor corresponde a 80% do volume útil do tanque, tem-se que o volume total do tanque de armazenamento é igual a 27,96 m³.

As dimensões e capacidades do tanque estão mostradas na Tabela 6. O tanque comercial é de aço inox da fabricante Southern Tank, com um volume de 30,30 m³, feito de aço inoxidável. Conforme o catálogo, o diâmetro será de 2,44 metros e a altura 6,50 metros.

C.2 TANQUE DE ÁCIDO SULFÚRICO (TH-01)

A capacidade do tanque foi estimada de acordo com a Equação (8).

$$Q_{\text{ácido sulfúrico}} = F_{28} \cdot t_{\text{operação}} \quad (8)$$

Onde:

$Q_{\text{ácido sulfúrico}}$ = Quantidade de ácido sulfúrico durante um dia de produção (kg)

F_{29} = Vazão mássica que entra de ácido sulfúrico (kg/h)

$t_{\text{operação}}$ = Tempo de operação da Vinocorp (h)

De acordo com o balanço de massa, sabe-se que são necessários 273,54 kg/h de ácido sulfúrico. Sendo assim em um dia de operação será necessário 2.188,28 kg. Calculou-se a demanda de ácido sulfúrico necessária para atender a demanda do processo durante 30 dias, de acordo com a Equação (9). A quantidade total de ácido a ser armazenada será, portanto, 65.648,52 kg.

$$Q_{\text{armazenada}} = Q_{\text{ácido sulfúrico}} \cdot t_{\text{armazenagem}} \quad (9)$$

Onde:

$Q_{\text{armazenada}}$ = Quantidade total de ácido sulfúrico armazenado

$Q_{\text{ácido sulfúrico}}$ = Quantidade de ácido sulfúrico durante um dia de produção (kg)

$t_{\text{armazenagem}}$ = Tempo que o ácido sulfúrico será armazenado (dias)

O volume foi calculado utilizando a Equação (10), dessa forma, obteve-se um valor de 35,68 m³. Considerando que este valor corresponde a 80% do volume útil do tanque, tem-se que o volume total do tanque de armazenamento será igual a 44,60 m³.

$$\rho_{\text{ácido sulfúrico}} = \frac{Q_{\text{armazenada}}}{V_{\text{ácido sulfúrico}}} \quad (10)$$

Onde:

$\rho_{\text{ácido sulfúrico}}$ = Densidade do ácido sulfúrico (1.840 kg/m³)

$Q_{\text{armazenada}}$ = Massa de ácido sulfúrico que será armazenada (kg)

$$V_{\text{ácido sulfúrico}} = \text{Volume de ácido sulfúrico (m}^3\text{)}$$

Com isso, o tanque de armazenamento escolhido foi semelhante ao GICSAV12K126 da fabricante General Industries Inc. com capacidade de 45 m³. A partir do catálogo, pode-se perceber que as dimensões são de 3,2 metros para o diâmetro e 5,74 metros para a altura.

C.3 CLORETO DE CÁLCIO (TCC_01)

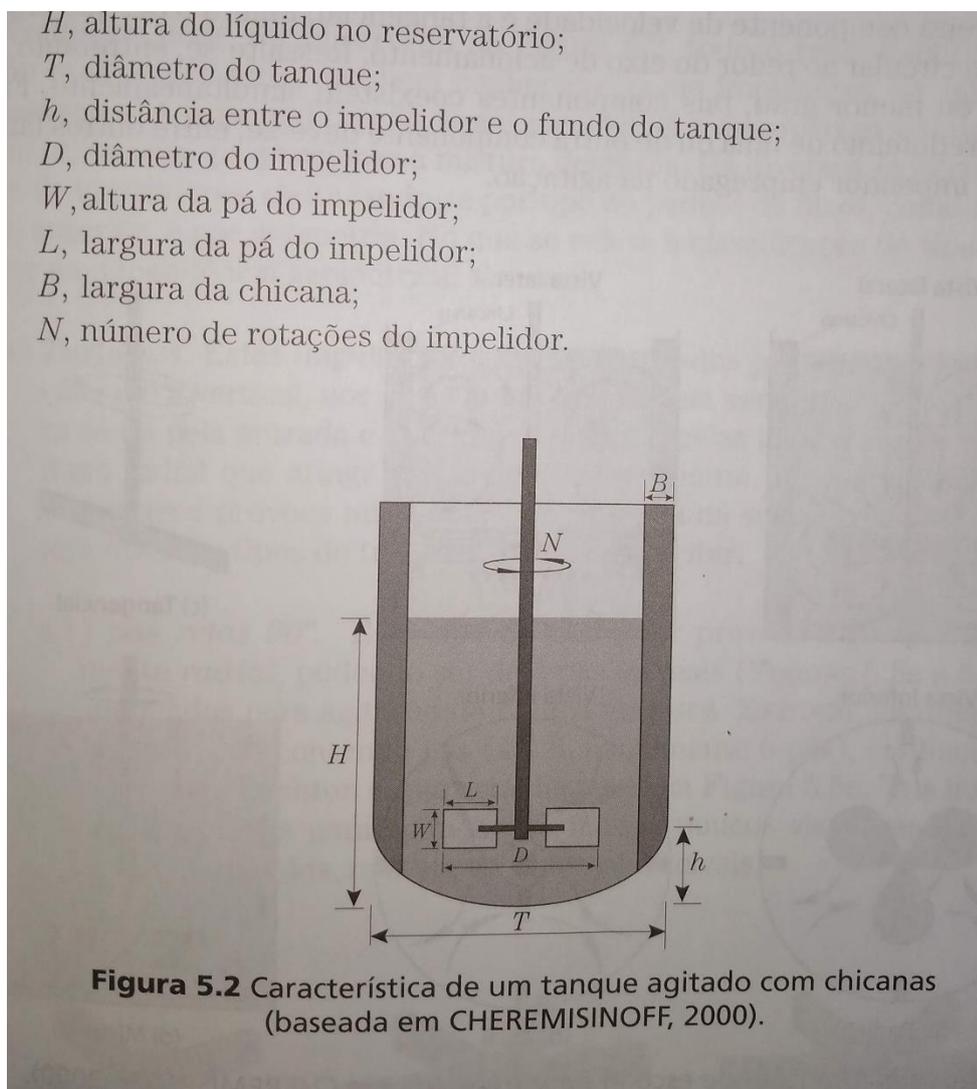
O cloreto de cálcio é adicionado ao reator (R01) com o intuito de aumentar a eficiência da reação de formação do tartarato de cálcio. Conforme o balanço de massa, nota-se que são necessários 206,49 kg/h do produto. Sendo assim, o armazenamento foi dimensionado considerando uma hora para a completa solubilização. A solubilidade do cloreto de cálcio anidro é de 74,5 g a cada 100 mL de água (INCHEM, 2012), portanto, serão necessários 0,28 m³ de água para solubilizar. Considerando a água em temperatura de 25°C, a massa necessária para a completa solubilização será de 276,34 kg. Com o auxílio de um *software*, obteve-se a densidade da solução cujo valor foi de 1.302 kg/m³. Considerando 7 dias de armazenamento, o volume útil é de 2,60 m³, representando 80% do volume total cujo valor é de 3,24 m³.

Com isso, o tanque utilizado para a solubilização será similar ao da Mixer Direct, com capacidade de 3,8 m³. A partir do catálogo, dimensiona-se o tanque com 1,83 metros de diâmetro e 1,93 metros de altura.

C.3.1 Utilidades

Para o cálculo do impelidor, utilizou-se as relações de medidas padrões de um tanque agitado, conforme descrito por Cremasco (2012). A Figura 43 mostra a configuração de um tanque agitado. Os resultados estão apresentados na Tabela 52.

Figura 43 - Configuração típica de um tanque agitado.



Fonte: Cremasco (2012).

Onde:

H = altura do líquido no reservatório;

T = diâmetro do tanque;

h = distância entre o impelidor e o fundo do tanque;

D = diâmetro do impelidor;

W = altura da pá do impelidor;

L = largura da pá do impelidor;

B = largura da chicana;

N = número de rotações do impelidor.

As medidas têm as seguintes relações: $D/T=1/3$; $h/D=1$; $H/T=1$; $B/T=1/10$; $L/D=0,25$; $W/D=0,2$. O impelidor mais adequado é do tipo pás retas (CREMASCO, 2014).

Tabela 52 - Dimensões do impelidor.

Tanque CaCl ₂	
T (m)	1,83
D (m)	0,61
h (m)	0,61
H (m)	1,83
B (m)	0,18
W (m)	0,12
L (m)	15,25

Fonte: Os autores (2019).

Conforme Da Silva e Sabioni (2013), a rotação de agitação para tanques profundos é de 150 rpm. Sendo assim, utilizou-se a Equação (11) para calcular Reynolds e a Equação (12) para o cálculo do número de potência.

$$Re = \frac{\rho \cdot N \cdot D^2}{\mu} \quad (11)$$

$$N_{P0} = \frac{W_u}{\rho \cdot N^3 \cdot D^5} \quad (12)$$

Onde:

Re = número de Reynolds;

ρ = densidade (g/cm³);

N = velocidade de rotação (rps);

D = diâmetro do impelidor (cm);

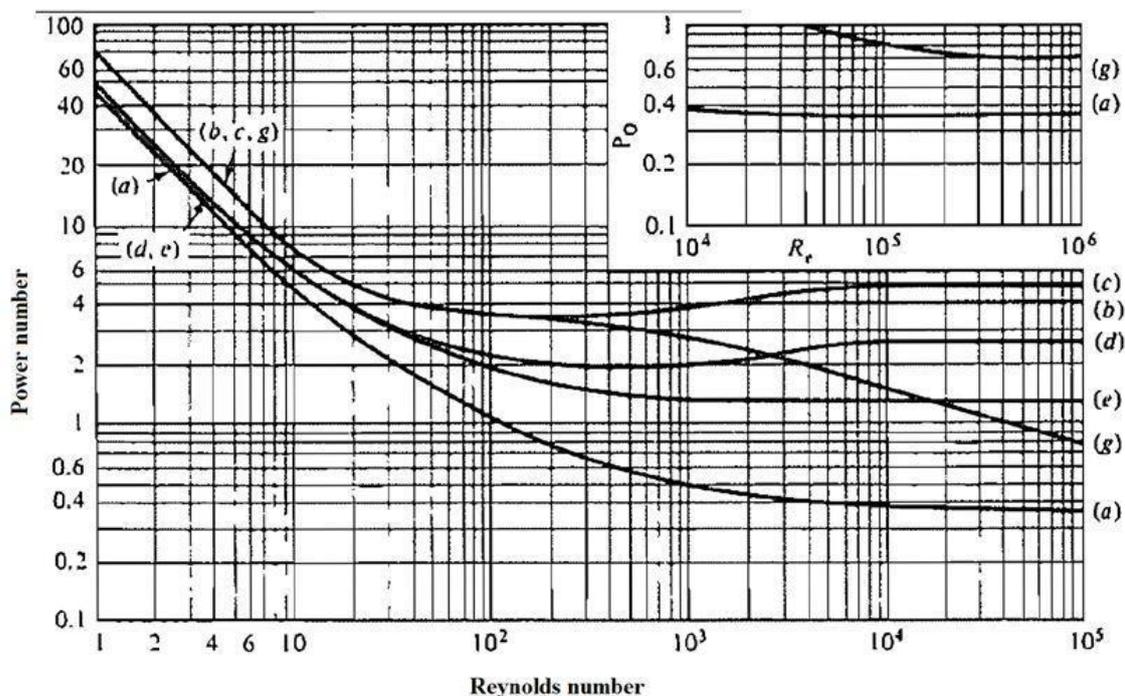
μ = viscosidade (g/cm.s);

N_{P0} = número de potência;

W_u = potência do impelidor (g.cm²/s³)

Uma vez que o cloreto de cálcio está solubilizado em água, assumiu-se que a viscosidade é igual à da água, sendo esta de 0,008903 g/cm·s. O valor obtido para Reynolds foi de 9.600, 24 e com a Figura 44, determinou-se o valor de N_{P0} .

Figura 44 - Número de potência para diversos impelidores.



Fonte: Cremasco (2012).

O valor de N_{P0} obtido foi de 4,8, com isso, utilizou-se a Equação (12) para obter a potência do impelidor cujo valor foi de 0,078 hp. Considerando a Equação (13), observou-se que o nível de agitação com valor de 0,034 presente na Tabela 53 é considerado débil.

$$N_A = \frac{W_u}{V_l} \quad (12)$$

Tabela 53 - Nível de agitação.

N_A (HP/m ³)	Nível de agitação
até 01	Débil
01 - 0,3	Suave
0,3 - 0,6	Média
0,6 - 10	Forte
1,0 - 2,0	Intensa
2,0 - 3,0	Muito forte
3,0 - 4,0	Muito intensa

Fonte: Cremasco (2012).

O impelidor comercial escolhido é similar ao da Mixer Direct com diâmetro de 61 cm de aço inox.

C.4 RESERVATÓRIO DE ÁGUA (RA-01)

O reservatório de água será dimensionado de acordo com as necessidades da fábrica durante as 24 horas do dia e uma parte do reservatório deve ser destinada apenas à água do combate ao incêndio. Portanto, totaliza um volume útil de 368,08 m³. Na Tabela 54 está discriminado as vazões de água para cada área.

Tabela 54- Quantidade de água por área da indústria.

(continua)

Área	Equipamento	Quantidade	Demanda de água (m ³ /h)
Área industrial	Reservatório (TAG-01)	1	9,12
Área industrial	Reposição Torre de resfriamento	1	0,66
Área industrial	Caldeira	1	2,70
Prédio auxiliar – refeitório	Utensílios em geral	2	1,08
Prédio auxiliar - área de lazer	Bebedouro	1	0,36
Prédio auxiliar – refeitório	Bebedouro	1	0,36
Prédio auxiliar – vestiário	Chuveiros	6	2,16
Prédio auxiliar – vestiário	Lavatórios	6	3,24

(conclusão)			
Área	Equipamento	Quantidade	Demanda de água (m ³ /h)
Prédio auxiliar – vestiário	Sanitários	6	3,24
Prédio auxiliar – vestiário	Mictórios	1	0,54
Prédio auxiliar – refeitório	Sanitários	2	1,08
Prédio auxiliar - área administrativa	Lavatórios	2	1,08
Prédio auxiliar - área administrativa	Sanitários	2	1,08

Fonte: Os autores.

Portanto, RA-01 terá um volume total de 460,10 m³ e será armazenado num reservatório similar à Caixa D'água Cilíndrica da marca Faz Forte com capacidade de 500,00 m³. As dimensões serão tomadas a partir do catálogo, e o diâmetro terá 8,10 metros e a altura, 10,00 metros.

C.5 TANQUE DE ÁGUA QUENTE (TAG_01)

De acordo com o balanço de massa, sabe-se que são necessários 9100,00 kg/h de água no tanque T04. A densidade da água é de 972,52 kg/m³. Dessa forma, a capacidade do tanque foi estimada de acordo com a Equação (14).

$$V_{\text{água quente}} = F_{17} \cdot t_{\text{operação}} \quad (14)$$

Onde:

$V_{\text{água quente}}$ = Volume de água quente durante um dia de produção (m³)

F_{17} = Vazão mássica que entra de água quente (m³/h)

$t_{\text{operação}}$ = Tempo de operação da Vinocorp (h)

Dessa forma, obteve-se um valor de 74,88 m³. Considerando que este valor corresponde a 80% do volume útil do tanque, tem-se que o volume total do tanque de armazenamento é igual a 93,60 m³.

Com isso, o tanque de armazenamento escolhido será semelhante ao Reator de Processo da fabricante Fenox. O reator será feito sob medida com as especificações do

cliente, portanto, para uma capacidade de 94 m³, o diâmetro será de 4,00 metros e a altura de 7,50 metros.

Pelo simulador obteve-se a área de troca térmica necessária para aquecer a água fria utilizando o condensado, com visto na Tabela 55.

Tabela 55 - Dados do trocador do tanque de água quente.

Equipamento	Condensado (kg/h)	Área de troca (m ²)
TC Tanque de Água Quente	2.142,00	3,19

Fonte: Os autores (2019).

Estimou-se o diâmetro do tubo da serpentina como sendo de 6 centímetros, e com isso foi possível determinar, a partir das equações (15), (16), (17) e (18), as dimensões da serpentina.

$$D_s = D - 0,2 \quad (15)$$

$$L_s = \frac{A_s}{\pi \cdot d_s} \quad (16)$$

$$n_s = \frac{L_s}{\pi \cdot D_s} \quad (17)$$

$$H_s = \frac{(0,8 \cdot H - n_s \cdot d_s)}{n_s} \quad (18)$$

Onde:

D_s = Diâmetro da serpentina (m)

D = Diâmetro (m)

L_s = Comprimento do tubo da serpentina (m)

A_s = Área de troca térmica da serpentina (m²)

d_s = diâmetro do tubo da serpentina (m)

H_s = altura disponível entre cada uma das espiras (m)

H = altura (m)

n_s = número de espiras

Para a realização dos cálculos, utilizou-se também o diâmetro do tanque de armazenamento igual a 4 metros e altura de 7,5 metros. Os resultados obtidos estão presentes na Tabela 56.

Tabela 56 - Dimensões da serpentina.

Serpentina TAG-01	
D _s (m)	3,80
L _s (m)	16,92
n _s	1,42
H _s (m)	4,17

Fonte: Os autores (2019).

C.6 ARMAZENAMENTO (T0)

O armazenamento (T0) tem a função de conservar a matéria-prima recolhida da Serra Gaúcha a fim de ter a disponibilidade de produção das antocianinas e do ácido tartárico. Com o intuito de preservar a qualidade e características da borra, o armazenamento deverá comportar um volume de vinho residual vindo juntamente com a borra, o qual formará uma camada na superfície da borra. Estimou-se que esta será retirada a cada sete dias com o auxílio de uma bomba.

Para o dimensionamento, considerou-se a densidade da borra como sendo 1.018 kg/m³ (LACHMAN et al., 2015). Segundo a EMBRAPA (2015), a quantidade total de uvas produzidas no ano de 2015 foi de 625.655,63 toneladas, dessa quantidade apenas 4% das uvas virará borra com uma umidade de pelo menos 50% (BAI et al., 2008). Sendo assim, a estimativa da borra úmida gerada será de 25.026,23 toneladas da qual será processada 70% pela Vinocorp.

C.6.1 Dimensionamento

Para o cálculo do volume da borra, utilizou-se, portanto, a Equação (19). Dessa forma, o volume total de borra obtido foi de 17.208,61 m³.

$$V_{borra} = \frac{m_{borra}}{\rho_{borra}} \quad (19)$$

Como a empresa irá trabalhar somente 222 dias, sendo os outros programados para a limpeza dos equipamentos, calculou-se o volume diário e o volume obtido foi de 77,52 m³/dia.

De acordo com as vinícolas contatadas da Serra Gaúcha, a borra é gerada durante aproximadamente 100 dias. Dessa forma, o tanque de armazenamento deve ter capacidade de armazenar somente 56% do volume total de borra, ou seja, o volume a ser estocado é de 9.636,82 m³.

Considerando que o vinho residual adicionado representará 10% do volume total da borra armazenada, visando a conservação da matéria-prima, pode-se, então, calcular o volume do armazenamento (T₀) conforme a Equação (20). O volume é de 10.600,50 m³.

$$V_{T0} = V_{borra} + (V_{borra} \cdot 10\%) + 20\% \quad (20)$$

V_{T0} = Volume de armazenamento (m³)

V_{borra} = Volume da borra (m³)

Uma vez que tanques para comportar esse volume de matéria-prima teriam dimensões muito grandes e o armazenamento em silos envolveria altos custos, decidiu-se por escavar quatro buracos no terreno, todos revestidos por manta polimérica para impermeabilização, cada um contendo um quarto do valor total a ser armazenado mais 10% do valor em vinho residual. Portanto, pela Equação (19) o volume a ser acomodado em cada cavidade será de 1656,33 m³.

As dimensões desejadas foram encontradas a partir da Equação (21):

$$V = H \cdot L \cdot C \quad (21)$$

Sendo V o volume total (m³), H a profundidade (m), L a largura (m) e C o comprimento (m).

O volume e a profundidade são variáveis fixadas e os valores estão presentes na Tabela 57.

Tabela 57 - Valores para o volume e altura da cavidade.

Variáveis constantes	
Volume (m ³)	Profundidade (m)
1656,33	5

Fonte: Os autores (2019).

A profundidade não pode extrapolar os 5 metros, pois dificultaria a aplicação da manta polimérica. Portanto, com as duas variáveis fixas, foi possível estimar valores para a largura, variando de 10,00 a 17,50 metros, pois essa grandeza não pode ter valores grandes, devido ao fato de que não haveria manta polimérica suficiente para cobrir a largura. Assim, pela Equação (21) pode-se encontrar o comprimento para cada uma das larguras, estando esses resultados na Tabela 58.

Tabela 58 - Resultados obtidos para largura e comprimento.

Largura (m)	Comprimento (m)
10	33,13
12,5	26,50
15	22,08
17,5	18,93

Fonte: Os autores (2019).

Ao analisar esses resultados, foi decidido implementar no projeto quatro depósitos de 5 metros de profundidade, 15 metros de largura e 22,08 metros de comprimento.

C.7 CENTRÍFUGA (C01)

Ao passar pela centrífuga, há a separação de duas correntes, sendo uma delas líquida (corrente 4) e outra sólida (corrente 5). Considerou-se que todo o sólido e todas as antocianinas presentes seguiram para a corrente 5, além disso, como a matéria-prima possui um alto teor de umidade, assumiu-se que 50% da corrente líquida (BAI et al., 2008) segue nesta corrente, adotou-se essa mesma consideração para todas as centrífugas subsequentes do processo. Portanto, na corrente 4, haverá somente o etanol e a água restantes.

C.7.1 Dimensionamento

Considerou-se a densidade da corrente para calcular o volume necessário que a centrífuga deve atender, conforme a Equação (21). A demanda é de 9,42 m³/h, sendo assim, a escolhida foi similar ao modelo CS18-4 Centrífuga HC da fabricante Centrisys com capacidade de 17-29 m³/h. Considerando uma vazão média de 23 m³ em uma hora, é possível calcular o tempo de operação da demanda da Vinocorp, dessa forma, o processo de centrifugação levará cerca de 25 minutos para acontecer.

$$\rho_{corrente} = \frac{m}{V} \quad (22)$$

Onde:

$\rho_{corrente}$ = densidade da corrente kg/m³ (1.018 kg/m³)

m = Vazão mássica em kg/h

V = Vazão volumétrica em m³/h

A partir do catálogo, dimensionou-se essa centrífuga, sendo o comprimento de 4,4 metros, a largura de 1,1 metros e a altura de 1,2 metros.

Visto que essa centrífuga estará elevada por uma plataforma, pode-se então colocar o tanque pulmão TP01 logo embaixo. O papel de um tanque pulmão na indústria é fundamental para que o compressor e a produção tenham um bom desempenho, além de obter um equipamento de qualidade, resulta em vantagens e lucros à empresa (FENOX, 2019). Dessa forma, TP01 terá 1,83 metros de diâmetro e 2,44 metros de altura. Esses valores foram retirados do catálogo da Mixer Direct para um tanque com capacidade de 4,73 m³.

C.8 TANQUE DE MISTURA (T01)

A corrente sólida (corrente 5) proveniente da centrífuga (C01) segue para um tanque de agitação (T01) onde será misturada com as correntes 9 e 38 que possuem, majoritariamente, etanol na composição.

C.8.1 Dimensionamento

Considera-se que o tempo de residência é de 1 hora para a correta solubilização da antocianina. Dessa forma, para o dimensionamento do tanque, o volume foi obtido a partir da Equação (22), utilizando a densidade da corrente 6 e a massa das correntes 38 e 5 em kg/h. Logo, foi obtido um volume de 17,93 m³, sendo este o volume útil ocupado, o que caracteriza 80% do volume total. Considerando a margem de 20%, o volume total do tanque é de 22,41 m³.

$$\rho_{corrente} = \frac{m}{V} \quad (23)$$

Onde:

$\rho_{corrente}$ = densidade das correntes que entram no tanque em kg/m³

m = massa necessária em um dia de operação em kg

V = volume útil do tanque em m³

Sendo assim, o modelo comercial escolhido será similar ao Vertical/Above ground/Single Wall/U.L. da Southern Tank com capacidade de 22,71 m³ e o material do tanque será de aço inox.

De acordo com o catálogo, pode-se obter as dimensões do tanque, sendo o diâmetro de 2,44 metros e a altura de 4,88 metros.

C.8.2 Utilidades

O impelidor será dimensionado conforme consta em Cremasco (2012) e já feito para o cloreto de cálcio. Sendo assim, as especificações do impelidor estão apresentadas na Tabela 60.

Tabela 59 - Especificações do impelidor para o tanque T01.

T01	
T (m)	2,44
D (m)	0,81
h (m)	0,81
H (m)	2,44
B (m)	0,244
W (m)	0,20
L (m)	20,33

Fonte: Os autores (2019).

Conforme a Equação (10), calculou-se o número de Reynolds e o valor obtido foi de 14.939,13, sendo a densidade da borra de 102 cp (LACHMAN et al., 2015). O valor de N_{P0} obtido pela Figura 44 foi de 1,4 e com a Equação (11) calculou-se a potência obtendo-se um valor de 9,62 hp. Com a Equação (12), calculou-se o nível de agitação e este apresentou um valor de 0,54, o qual é considerado como médio.

O impelidor comercial escolhido foi similar ao da Mixer Direct, feito de aço inox com diâmetro de 86 cm.

C.9 CENTRÍFUGA (C02)

A corrente 6 proveniente do tanque de mistura (T01) será centrifugada, a fim de obter-se a corrente 7, a qual conterà os sólidos e 50% de líquidos da corrente de entrada. Já a corrente 8 será composta pelas antocianinas solubilizadas na água e etanol.

C.9.1 Dimensionamento

Sendo assim, a centrífuga precisa atender um volume de 17,94 m³/h, calculado conforme a Equação (22). Dessa forma, a centrífuga escolhida foi a de modelo CS21-4 HC da Centrisys, a qual possui uma capacidade de 34 a 51 m³/h. A operação, portanto, levará 26 minutos para ser realizada. A partir do catálogo, determinou-se que o comprimento será de 4,80 metros, a largura de 1,10 metros e a altura de 1,30 metros.

Após a centrífuga (C02), haverá dois tanques pulmão, em que TP02 irá acumular a solução líquida destinada à produção de antocianina e TP02' irá armazenar os sólidos que

deverão seguir para a produção de ácido tartárico. O primeiro possui um volume útil de 5,96 m³ equivalente a 30 minutos de operação, portanto, o volume total será de 7,45 m³. Assim, o tanque TP02 escolhido será similar ao tanque de aço inoxidável tipo redondo da Atanis, com capacidade de 9 m³ com diâmetro de 2,25 m e altura de 3,1 m. Já o tanque TP02' possui volume útil de 3,01 m³ equivalente a 30 minutos de operação e o volume total será de 3,76 m³. Logo, o tanque escolhido será similar ao tanque de fundo plano da Mixer Direct com capacidade de 3,79 m³. Pelo catálogo, tem-se que o diâmetro apresenta 1,83 metros e a altura, 1,93 metros.

C.10 TANQUE (T02)

A corrente 8* que sai da centrífuga (C02) vai para o tanque (T02) com a finalidade de armazenar produto para que a coluna de destilação (D01) tenha matéria-prima a fim de que esta possa operar 24 horas por dia.

C.10.1 Dimensionamento

O tanque foi dimensionado para armazenar as 8 horas de produto vindo da centrífuga (C02), devido ao fato de que, a vazão de corrente que sairá deste tanque é consideravelmente menor do que a entrada, portanto, dimensionou-se dessa forma a fim de evitar vazamentos. Sendo assim, utilizou-se a Equação (24) para obter este valor.

$$V_{tanque} = V_{8*} \cdot t_{armazenamento} \quad (24)$$

V_{tanque} = Volume do tanque (m³)

V_{8*} = Volume da corrente que entra no tanque (m³/h)

$t_{armazenamento}$ = tempo de armazenamento (horas)

Dessa forma, o volume útil do tanque é de 95,31 m³, sabe-se que este volume corresponde a 80%, o volume total do tanque é de 119,14 m³.

O tanque escolhido será feito sob medida pela fabricante Sotanques com capacidade de 120,00 m³, diâmetro de 5,02 m e altura de 7,53 m.

C.11 COLUNA DE DESTILAÇÃO (D01)

C.11.1 Balanço de Massa

Ao receber a corrente líquida da centrífuga (C02), a solução passa por um destilador (D01) o qual irá separar no topo uma corrente contendo etanol com composição igual à composição de etanol de entrada do tanque (T01). O produto de fundo será uma corrente contendo majoritariamente água e antocianina.

C.11.2 Dimensionamento

A fim de estimar o número de pratos, o estágio de alimentação, o consumo energético do condensador e do refeedor, além das vazões de líquido e vapor em cada estágio utilizou-se o mesmo simulador com qual foi feito o balanço de massa. Primeiramente usou-se um recurso do simulador que permite estimar o número de estágios da torre, o estágio ótimo de alimentação, bem como o refluxo mínimo. Para isso, foi necessário inserir a concentração molar desejada de etanol no destilado e de água no produto de fundo, 88% e 98%, respectivamente.

Também se adotou para a estimativa inicial que o refluxo seria 20% maior que o refluxo mínimo, segundo recomendação de Geankoplis (1993). Uma vez que a temperatura na coluna não poderia superar 70°C, sob risco de degradar as antocianinas, definiu-se uma pressão interna de 40 kPa através de tabelas de vapor, implicando uma operação a vácuo. Além disso, considerou-se que haverá um condensador total e um refeedor parcial, sendo assim, cada um deles será configurado como um estágio.

A seguir, usou-se o recurso do simulador para dimensionamento rigoroso de uma coluna de destilação a partir dos dados obtidos na etapa anterior, fornecendo informações mais precisas sobre demanda de energia no condensador e refeedor, razão de refluxo e vazões internas de vapor e líquido. O diâmetro da coluna foi dimensionado segundo método descrito por Sinnott (2005), que parte do princípio que o fator determinante no diâmetro seja a vazão de vapor dentro da coluna.

Sendo assim, primeiramente calcula-se a velocidade máxima de vapor pela Equação (25), usando os dados de vazão e densidade do líquido e vapor no prato onde há maior vazão de vapor, o que é fornecido pelo simulador, e então calcula-se o diâmetro pela Equação (26). Já o espaçamento entre os pratos foi variado até que se atingisse o menor diâmetro possível,

e a altura da torre foi obtida pelo produto deste espaçamento com o número de pratos. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 60.

$$\hat{u}_v = (-0,17l_t^2 + 0,27l_t - 0,047) \left[\frac{(\rho_L - \rho_v)}{\rho_v} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (25)$$

Onde:

\hat{u}_v = velocidade máxima do vapor, baseada na seção transversal da coluna, em m/s

l_t = espaçamento entre pratos, em m (variado entre 0,5 e 1,5)

ρ_L = densidade do líquido no prato com maior vazão de vapor, em kg/m³

ρ_v = densidade do vapor no prato com maior vazão de vapor, em kg/m³

$$D_c = \sqrt{\frac{4\hat{V}_W}{\pi\rho_v\hat{u}_v}} \quad (26)$$

Onde:

D_c = diâmetro da coluna, em m

\hat{V}_W = máxima vazão mássica de vapor, em kg/s.

Tabela 60 - Especificações da coluna de destilação (D01).

(continua)

Coluna de Destilação D01	
Número de estágios	17,00
Estágio de alimentação	5
Alimentação (kg/h)	3496,67
Pressão (kPa)	40
Tipo de condensador	Total
Razão de Refluxo	0,614
Fração molar de etanol na entrada	0,54
Fração molar de etanol na saída	0,88
Fração molar de água no fundo	0,98
Destilado (kg/h)	2706,48
Produto de Fundo (kg/h)	790,19

(conclusão)

Coluna de Destilação D01	
Consumo de energia no Condensador (kW)	1156,64026
Consumo de energia no Refervedor (kW)	1306,56543
Espaçamento entre pratos	0,8
Densidade Líquido	807,94
Densidade vapor	806,8
Velocidade do vapor - uv (m/s)	0,002
Vazão mássica máxima de vapor - Vw (Kg/s)	38,42
Diâmetro da coluna	5,17
Altura da Coluna (m)	14,4

Fonte: Os autores (2019).

C.12 TANQUE (T03)

C.12.1 Balanço de Massa

A corrente 10 é composto pelo produto de fundo da destilação, contendo antocianina, água e etanol. Uma vez que a coluna opera em 24 horas, esse produto deve ser armazenado no tanque T03 durante o dia, e durante as 8 horas de operação da planta sairá na corrente 11 com uma vazão superior à de entrada.

C.12.2 Dimensionamento

Utilizou-se a mesma Equação (22) para estimar o volume. O volume obtido foi de 18,72 m³/h, caracterizando 80% do volume total, sendo assim, o tanque deverá atender um volume de 23,40 m³. Dessa forma, o modelo comercial escolhido será similar ao Vertical/Above ground/Single Wall/U.L. da fabricante Southern Tank com capacidade de 30,30 m³, feito de aço inoxidável.

Analisando-se o catálogo, determinou-se que as dimensões do tanque serão 2,44 metros de diâmetro e 6,50 metros de altura.

C.13 TANQUE (T)

C.13.1 Balanço de massa

A solução de etanol proveniente do destilador (corrente 9) deverá ser armazenada no tanque T de 16 a 24 horas, devido ao fato de que a planta irá operar durante 8 horas, porém o destilador deverá funcionar 24h. Portanto, a corrente que sairá desse tanque (corrente 9*) será maior do que a corrente de entrada, uma vez que deve suprir a necessidade do tanque T01, equipamento que opera em 8 horas.

C.13.2 Dimensionamento

O volume útil encontrado pela Equação (22) foi de $83,52 \text{ m}^3$, mas como equivale a apenas 80% do volume total, tem-se que o volume total equivale a $104,40 \text{ m}^3$. Dessa forma, o tanque escolhido será feito sob medida pela fabricante Sotanques com capacidade de $120,00 \text{ m}^3$, diâmetro de 5,02 metros e altura de 7,53 metros.

C.14 CENTRÍFUGA (C03)

C.14.1 Balanço de Massa

Nesta etapa ocorre a entrada da corrente 11, a qual é composta por antocianina, etanol e água. Após a centrifugação, tem-se 100% da antocianina no estado sólido sendo separado na corrente 12, contendo ainda uma parcela de umidade, o qual será retirado através do secador disposto posteriormente. A corrente 13 sai da centrífuga contendo etanol e água.

C.14.2 Dimensionamento

A centrífuga deve atender uma demanda de $2,34 \text{ m}^3/\text{h}$, dessa forma, o modelo é similar ao da centrífuga CS21 com vazão de 5 a $14 \text{ m}^3/\text{h}$. Dessa forma, o tempo de operação da centrífuga será de aproximadamente 15 minutos.

Pelas informações do catálogo, sabe-se que o comprimento será de 3,10 metros, a largura de 0,90 metros e a altura de 0,80 metros.

Após a centrífuga (C03), haverá um tanque pulmão (TP03) com a capacidade de armazenar um volume de 1,17 m³ equivalente a 30 minutos de operação cuja função é armazenar e estocar o produto.

O tanque escolhido será similar ao tanque de fundo cônico da Mixer Direct, com diâmetro de 1,22 metros e altura de 1,75 metros.

C.15 SECADOR (S01)

C.15.1 Balanço de Massa

A corrente 13 entra no secador (S01), o qual removerá a umidade presente na antocianina. Serão removidos 67,30 kg/h de água e 3,03 kg/h de etanol, uma vez que o ponto de ebulição dele é menor do que o da água. A corrente 15 seguirá com o produto final para a empacotadora (E01) com umidade de 1%.

C.14.2 Dimensionamento

A quantidade necessária de ar para a secagem resultar na umidade desejada foi estimada com o simulador, constando no balanço de massa, e o tempo de residência foi estipulado em 25 segundos (PERRY, 2008). As dimensões da câmara cilíndrica de secagem foram definidas segundo equações de Perry (2008). A velocidade do ar que entra no secador foi definida pela Equação (27), e o diâmetro da câmara cilíndrica de secagem foi calculado pela Equação (28). Por fim, a altura foi obtida pela Equação (29).

$$V = \tau \cdot Q \quad (27)$$

$$D = \sqrt{\frac{V}{1,47}} \quad (28)$$

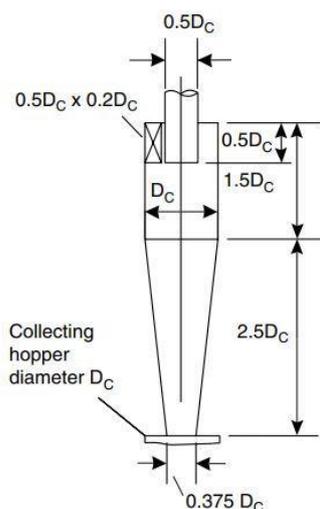
$$H = D + \tan(60^\circ) \cdot \frac{D}{2} \quad (29)$$

O diâmetro do ciclone anexo ao secador foi dimensionado segundo a Equação (30) dada por Wang et al. (2004), usando a razão de projeto R igual a 6860 m/h para ciclones tipo

Lapple de Propósito Geral. As outras dimensões do ciclone são definidas em função do diâmetro, segundo a Figura 45.

$$D_c = \sqrt{\frac{Q}{R}} \quad (30)$$

Figura 45 - Dimensões do Ciclone anexo ao Secador em função do diâmetro.



Fonte: Sinnott (2005).

C.16 TANQUE DE MISTURA (T04)

C.16.1 Balanço de Massa

O tanque (T04) recebe a corrente sólida (corrente 7) da centrífuga (C02), onde o bitartarato de potássio é solubilizado com água.

C.16.2 Dimensionamento

O dimensionamento do tanque é dado pela soma das vazões de entrada dividida pela densidade da solução. Dessa forma, o volume útil obtido é de 13,56 m³, contudo, esse valor indicado somente 80% do volume total; portanto, o volume do tanque (T04) é de 16,95 m³. O modelo escolhido será similar ao Vertical/Above ground/Single Wall/U.L. com capacidade de 18,93 m³ da fabricante Southern Tank. Pelo catálogo, tem-se que o diâmetro do tanque será de 2,44 metros e a altura de 4,06 metros.

C.16.3 Utilidades

Como o tanque T04 é agitado, o dimensionamento do impelidor seguiu os mesmos passos já utilizados anteriormente. Sendo assim, as dimensões obtidas do impelidor estão apresentadas na Tabela 61.

Tabela 61 - Dimensões do impelidor.

T04	
T (m)	2,44
D (m)	0,81
h (m)	0,81
H (m)	2,44
B (m)	0,244
W (m)	0,20
L (m)	20,33

Fonte: Os autores (2019).

Com as equações (10), obteve-se um valor de 16.207,35 para o número de Reynolds e com a Figura 44 o valor de N_{P0} foi de 1,4. Em seguida, com a Equação (11), calculou-se a potência com valor 10,44 hp. Com a Tabela 53, sabe-se que este nível de agitação é considerado média.

O impelidor comercial escolhido será similar ao da Mixer Direct, feito de aço inox com diâmetro de 86 cm.

C.17 CENTRÍFUGA (C04)

C.17.1 Balanço de Massa

A solução passa então por uma centrífuga (C04) separando a corrente sólida (corrente 19), que vai para a estação de tratamento de efluentes, da corrente líquida (corrente 20).

C.17.2 Dimensionamento

A demanda para uma hora de processo será de 15,14 m³/h, portanto a centrífuga escolhida será um modelo similar a CS21-4 da Centrisys, com capacidade de 23 a 40 m³/h. Levando em conta a média dos valores de capacidade, obteve-se 31,50 m³/h. Analisando-se o catálogo, determinou-se que o comprimento será de 4,40 metros, a largura de 1,10 metros e a altura de 1,20 metros.

Como mencionado anteriormente, após uma centrífuga surge a necessidade de um tanque pulmão a fim de armazenar a solução para meia hora de solução de saída, que nesse caso, será de 5,24 m³. Dessa forma, escolheu-se o tanque pulmão da Mixer Direct com capacidade para 5,68 m³. As dimensões foram pegadas do catálogo e possui 2,13 metros de diâmetro e 2,24 metros de altura.

C.18 TANQUE (T05)

C.18.1 Balanço de Massa

O tanque de armazenamento (T05) recebe o bitartarato de potássio solubilizado da centrífuga (C04), servindo para sincronizar o fluxo do processo, em virtude do reator (R01) operar em batelada. Uma vez que o tanque tem a função apenas de armazenar a matéria a vazão de entrada será igual a vazão de saída.

C.18.2 Dimensionamento

Dessa forma, para encontrar o volume do tanque, utilizou-se a Equação (23). Considerou-se que o tempo que a solução deve permanecer no tanque é o tempo de uma batelada do reator, ou seja, uma hora e quinze minutos. Sendo assim, o volume útil do tanque será de 14,20 m³, caracterizando 80% do volume do tanque. Dessa forma, o volume será de 17,75 m³ e o modelo comercial adotado é similar ao Vertical/Above ground/Single Wall/U.L. da fabricante Southern Tank com capacidade de 18,93 m³. A partir do catálogo, obteve-se as dimensões, sendo 2,44 metros de diâmetro e 4,06 metros de altura.

$$V = \frac{m}{\rho_{corrente}} \quad (31)$$

Onde:

V = Volume útil do tanque (m³)

m = Massa (kg)

ρ = Densidade da corrente (kg/m³)

C.19 REATOR (R01)

C.19.1 Balanço de Massa

Nessa etapa do processo, os sólidos advindos do tanque (T04), os quais contém em grande parte bitartarato de potássio, são misturados lentamente com uma solução de hidróxido de cálcio (corrente 23) juntamente com cloreto de cálcio (corrente 22), o qual reduz perdas. Essa reação possibilita a formação de tartarato de cálcio. A reação da formação de tartarato de cálcio está presente na Equação (32).



C.19.2 Dimensionamento

Primeiro definiu-se o número de bateladas a partir do tempo de operação diário, tempo de reação e de carga e descarga, conforme a Equação (33).

$$N^{\circ} \text{ de bateladas} = \frac{\text{Tempo de operação por dia}}{t_r + t_{op}} \quad (33)$$

Onde:

t_r = tempo de reação

t_{op} = tempo de operação (carga e descarga somados)

A seguir estimou o Volume de cada batelada pela Equação (34).

$$V_{batelada} = \frac{\text{Volume diário processado no reator}}{N^{\circ} \text{ de bateladas}} \quad (34)$$

Por fim, calculou-se o volume do reator assumindo um volume útil. Os resultados do dimensionamento estão apresentados na Tabela 62.

Tabela 62 - Dados operacionais do reator batelada (R01).

Propriedade	Unidade	Valor
Entrada por h (8h)	kg/h	10691,5
Total nas 8h	kg	85532
Tempo de carga e descarga	h	1
Tempo da reação	h	0,25
Número de bateladas		6
Massa que entra em 1 batelada	kg	14255,3
Densidade	kg/m ³	1004,7
Volume que entra por batelada	m ³	14,2
Vazão necessária para encher/esvaziar o reator no tempo de carga/descarga	m ³ /h	28,4
Volume útil do tanque	%	80%
Volume do reator	m ³	17,7
Diâmetro do reator	m	2,47
Altura do reator	m	3,70

Fonte: Os autores (2019).

Bem como nos tanques agitados, dimensionou-se os impelidores conforme descrito por Cremasco (2012) e os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 63.

Tabela 63 - Dimensões do impelidor.

R01	
T (m)	3,04
D (m)	1,01
h (m)	1,01
H (m)	3,04
B (m)	0,304
W (m)	0,25
L (m)	25,33

Fonte: Os autores (2019).

Com a Equação (11), obteve-se um valor de 2.021.654,85 para o número de Reynolds, considerando a viscosidade do etanol, uma vez que o bitartarato estará solubilizado neste composto. Com a Figura 44 o valor de N_{P0} foi de 1,4. Em seguida, com a Equação (12), calculou-se a potência e o valor obtido foi de 28,88 hp. Com a Tabela 53, sabe-se que este nível de agitação é considerado intensa.

O impelidor comercial escolhido será similar ao da Mixer Direct, feito de aço inox com diâmetro de 102 cm.

C.20 CENTRÍFUGA (C05)

C.20.1 Balanço de Massa

A corrente 24 sai do reator (R01) e entra na centrífuga (C05) a qual separa as correntes 25 e 26, sendo elas sólida e líquida respectivamente.

C.20.2 Dimensionamento

O modelo de centrífuga escolhido vai ser similar ao CS18-4 da Centrisys, visto que a necessidade de processamento dessa centrífuga é de 10,81 m³/h e a capacidade dessa centrífuga é de 17 - 29 m³/h. A partir do catálogo desta centrífuga, tem-se que as dimensões serão 4,40 metros de comprimento, 1,10 metros de largura e 1,20 metros de altura.

Igual às demais centrífugas, dimensionou-se um tanque pulmão para armazenar meia hora da corrente de saída dessa centrífuga, ou seja, 5,41 m³. Portanto, escolheu-se um tanque semelhante ao da Mixer Direct de fundo plano com capacidade de 5,68 m³. Pelo catálogo, tem-se que as dimensões são 2,13 metros de diâmetro e 2,23 metros de altura.

C.21 TANQUE (T06)

C.21.1 Balanço de Massa

A função do tanque (T06) é armazenar a solução que será adicionada em uma batelada do reator (R02). Sendo assim, deverá ser totalmente preenchido antes de iniciar as reações no equipamento seguinte.

C.21.2 Dimensionamento

O volume útil do tanque calculado foi de 6,64 m³, no entanto, este valor representa apenas 80% do volume do reator. Por conseguinte, o volume total do tanque é de 8,30 m³. O modelo comercial é similar ao tanque vertical Above ground/ Single Wall/ U.L da Southern Tank com capacidade total de 9,46 m³ e fabricado em aço inoxidável. O diâmetro do tanque é de 1,63 m e a altura total é de 4,57 m.

C.22 REATOR (R02)

C.22.1 Balanço de Massa

Ao reator (R02) é adicionado o ácido sulfúrico 5% em excesso com o intuito de formar o ácido tartárico, segundo reação (35). Durante a reação há precipitação de sulfato de cálcio, enquanto que o ácido tartárico fica solubilizado.



C.22.2 Dimensionamento

O dimensionamento do Reator R02 foi análogo ao procedimento para o Reator R01. Os resultados dos cálculos são apresentados na Tabela 64.

Tabela 64 - Dados do Reator R02.

			(continua)
Propriedade	Unidade	Valor	
Entrada por h (8h)	kg/h	1316,7	
Total nas 8h	kg	10533,6	
Tempo de carga e descarga	h	1	
Tempo de reação	h	0,5	
Número de bateladas		5	
Massa que entra em 1 batelada	kg	2106,7	
Densidade	kg/m ³	1403,2	
Volume que entra por batelada	m ³	1,5	

(conclusão)		
Propriedade	Unidade	Valor
Vazão necessária para encher/esvaziar o reator no tempo de carga/descarga	m ³ /h	3
Volume útil do tanque	%	0,8
Volume do reator	m ³	1,9
Diâmetro do reator	m	1,1
Altura do reator	m	2,0

Fonte: Os autores (2019).

O impelidor foi dimensionado de acordo com Cremasco (2012). Os valores das dimensões do impelidor obtidos estão apresentados na Tabela 65.

Tabela 65 - Dimensões do impelidor do reator (R02).

R02	
T (m)	1,1
D (m)	0,37
h (m)	0,37
H (m)	1,1
B (m)	0,11
W (m)	0,09
L (m)	9,17

Fonte: Os autores (2019).

Calculou-se o número de Reynolds, conforme a Equação (11), utilizando a viscosidade do ácido sulfúrico já que este é utilizado para a formação do ácido tartárico. O valor obtido foi de 11.598,98 e de acordo com a Figura 44 o número de potência foi de 1,4. Sendo assim, o impelidor terá 0,18 hp de potência e o nível de agitação é considerado suave.

O impelidor será fabricado de aço inox com diâmetro de 41 cm semelhante ao modelo da fabricante Mixer Direct.

C.23 FILTRO (F01)

C.23.1 Balanço de Massa

O filtro será utilizado a fim de remover o ácido sulfúrico, uma vez que este pode vir a causar problemas nas tubulações. Nessa etapa também há a separação do sulfato de cálcio da solução, o qual possui baixa solubilidade em água. Os cristais de ácido tartárico formados são separados e a solução residual seguirá para o tratamento de efluentes.

C.23.2 Dimensionamento

Por se tratar de $7,36 \text{ m}^3$ de solução a serem filtradas por dia, o que é aproximadamente 7360,00 litros de solução, o filtro escolhido para o processo é semelhante ao do modelo Flowpress 400 da Grabe com capacidade de 6000 a 30000 litros por dia, considerando as horas de trabalho de 8 horas. Será um filtro prensa de 40 placas, cada placa com 400 milímetros de largura e 400 milímetros de comprimento. Portanto, tem-se que a área filtrante total é dada pela Equação (36) e totaliza $6,4 \text{ m}^2$.

$$A_F = N. (L_P \cdot C_P) \quad (36)$$

Onde N é o número total de placas, L_P é a largura da placa e C_P é o comprimento da placa.

Considerando que a empresa entrega produtos sob medida, determinou-se, com base no catálogo da Tecitec para modelos de filtros prensa semi-automáticos com 400 placas cuja altura será de 1,10 metros, a largura será de 1,20 metros e o comprimento será de 3,53 metros.

C.24 TANQUE (T07)

C.24.1 Balanço de Massa

O tanque T07 irá acumular todas as bateladas diárias de filtração alimentadas pela corrente 31*. A cada novo dia de operação este volume é transferido ao Cristalizador CR01 pela corrente 31.

C.24.2 Dimensionamento

O volume útil do tanque será de 4,96 m³, caracterizando 80% do volume do tanque. Dessa forma, o volume será de 6,20 m³ e o modelo comercial adotado é similar ao da fabricante Mixer Direct, o qual é feito em aço inox com capacidade de 7,6 m³ com altura de 2,23 metros e diâmetro de 2,13 metros.

C.25 CRISTALIZADOR (CR01)

C.25.1 Balanço de Massa

Para a formação dos cristais de ácido tartárico, utilizou-se um cristalizador. A fim de promover a nucleação da solução, adicionou-se cristais de ácido tartárico ao cristalizador.

C.24.2 Dimensionamento

Para dimensionamento do cristalizador primeiro definiu-se qual a quantidade a ser alimentada por dia, multiplicando-se a vazão de entrada do equipamento no balanço de massa por 8h, seguido da definição do tempo de carga, descarga e cristalização. Na sequência, calculou-se o número de bateladas e volume de cada uma, de forma análoga ao dimensionamento dos reatores. O diâmetro e altura do equipamento foi definido a partir da Equação (37), dada por Lewis et al (2015), assumindo uma razão entre altura e diâmetro R_{HD} igual a 0,6 segundo recomendação da mesma fonte.

$$D = \sqrt[3]{\frac{4V}{\pi R_{HD}}} \quad (37)$$

A quantidade de sementes, cristais de ácido tartárico, necessários para desencadear a cristalização foi definida segundo a proporção descrita por Bernardo (2007). Já a quantidade de energia para arrefecimento foi estimada usando o simulador computacional, o coeficiente global de transferência de calor foi obtido pela planilha virtual *Checalc* para vasos encamisados, inserindo-se o diâmetro do cristalizador, espessura das paredes de 3 mm e

material de aço inoxidável. A área de troca térmica, por sua vez, foi definida pela Equação (38).

$$A = \frac{Q}{U\Delta T^{\circ}} \quad (38)$$

As variáveis do dimensionamento constam na Tabela 66.

Tabela 66 - Dimensionamento do Cristalizador.

Propriedade	Unidade	Valor
Entrada por h (8h)	kg/h	774,66
Total nas 8h	kg	6197,28
Tempo de carga (e descarga)	h	0,50
Tempo de cristalização	h	7,00
Número de bateladas		1,00
Massa que entra em 1 batelada	kg	6197,28
Densidade	kg/m ³	1244,36
Volume que entra por batelada	m ³	4,98
Volume do Cristalizador	m ³	6,23
Vazão necessária para encher/esvaziar o reator no tempo de carga/descarga	m ³ /h	9,96
Razão entre altura e diâmetro (RHD)		0,60
Diâmetro do Cristalizador (Dc)	m	2,19
Altura do Cristalizador	m	1,65
Rotação do impelidor	rpm	100,00
Proporção necessária de sementes por soluto		0,0004
Antocianina solubilizada na entrada	kg	2712,32
Quantidade necessária de sementes	kg	1,16
Temperatura de cristalização	°C	12,00
Energia necessária para arrefecimento	kw	53,22
Coefficiente de Transferência Térmica	w/m ² *K	798,16
Área de Troca Térmica	m ²	5,13

Fonte: Os autores (2019).

C.26 TANQUE (T08)

C.26.1 Balanço de Massa

O tanque T08 será responsável por armazenar a batelada diária proveniente do cristalizador CR01. O equipamento é alimentado pela corrente 32* contendo os cristais de ácido tartárico a serem separados da solução da centrífuga C06 durante as 8 horas de operação do dia seguinte.

C.26.2 Dimensionamento

O tanque deverá armazenar um volume total de $4,96 \text{ m}^3$, tendo um volume mínimo de $6,20 \text{ m}^3$ assumindo um volume útil de 80%. Sendo assim, selecionou-se o modelo comercial da marca Mixer Direct, com altura de 2,2 m e diâmetro de 2,1 m, e capacidade total de $7,6 \text{ m}^3$, feito de aço inoxidável.

C.27 CENTRÍFUGA (C06)

C.27.1 Balanço de Massa

A última centrifugação tem o objetivo de separar o ácido tartárico da solução líquida.

C.27.2 Dimensionamento

A centrífuga escolhida é semelhante a de modelo CS10-4 da marca Centrisys, com capacidade de 1 a $8 \text{ m}^3/\text{h}$, atendendo a demanda prevista de $0,63 \text{ m}^3/\text{h}$. A partir do catálogo, estima-se às dimensões da centrífuga, sendo 2,30 metros de comprimento, 1,10 metros de largura e 0,70 metros de altura.

Por tratar-se de uma centrífuga, surge a necessidade de um tanque pulmão para armazenar solução referente a meia hora da vazão, ou seja, em torno de $0,32 \text{ m}^3$. Dessa forma, escolheu-se o tanque similar ao de fundo inclinado da Mixer Direct com capacidade de $0,28 \text{ m}^3$. Pelo catálogo, tem-se que o diâmetro será de 0,91 metros e a altura de 1,32 metros.

C.28 SECADOR (S02)

C.28.1 Balanço de Massa

A corrente 34 entra no secador (S02) que removerá a umidade ainda presente no ácido tartárico. Todo etanol será removido já que o ponto de ebulição é menor do que o da água. A corrente 36 sairá com o produto final pronto para o empacotamento possuindo uma umidade de 5,26%.

C.28.2 Dimensionamento

O secador é do tipo *spray dryer*, e foi dimensionado da mesma forma que o secador S01. Os resultados do secador e o ciclone anexo são apresentados nas Tabelas 67 e 68, respectivamente.

Tabela 67 - Dados do Secador S02.

Propriedade	Unidade	Valor
Vazão volumétrica de ar	m ³ /h	6878,75
Tempo de residência	segundos	25,00
Velocidade do ar	m ³ /h	47,77
Diâmetro	m	3,19
Altura	m	5,95

Fonte: Os autores (2019).

Tabela 68 - Dados do Ciclone do Secador S02.

Propriedade	Unidade	Valor
Vazão volumétrica de ar e produto (Q)	m ³ /h	5164,16
Razão de projeto para ciclone tipo Lapple de propósito geral (R)	m/h	6860,00
Diâmetro do Ciclone (Dc)	m	0,87

Fonte: Os autores (2019).

C.29 TUBULAÇÃO DO PROCESSO

Os diâmetros das tubulações de processo foram dimensionados segundo a Equação (39) sugerida por SINNOT (2005). Os resultados são apresentados na Tabela 69.

$$d = 260G^{0,52}\rho^{-0,37} \quad (39)$$

Onde:

d = diâmetro, em mm.

G = vazão mássica, em kg/s;

ρ = densidade do fluido, em kg/m³;

Tabela 69 - Dimensionamento das tubulações do processo.

(continua)

Trecho	L (m)	Vazão (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	Vazão mássica (kg/s)	D (mm)	D (in)	D _{comercial} (in)
1-2	21,0	0,0026	1018	2,6666	33,3891	1,3145	1,5
2-3	5,0	0,0026	1018	2,6666	33,3891	1,3145	1,5
2-4	1,6	0,0026	1018	2,6666	33,3891	1,3145	1,5
4-5	1,6	0,0026	1018	2,6949	33,5727	1,3218	1,5
5-6	5,0	0,0026	1018	2,6666	33,3891	1,3145	1,5
5-7	21,0	0,0026	1018	2,6666	33,3891	1,3145	1,5
4-8	13,0	0,0026	1046,54	2,6666	33,0492	1,3012	1,5
9-10	1,5	0,0016	1078,26	1,6231	25,2494	0,9941	1
11-12	1,5	0,0050	921,4	5,0730	48,4024	1,9056	2
13-14	1,8	0,0033	880,48	3,3707	39,7963	1,5668	1,75
15-16	7,0	0,0011	880,48	1,1226	22,4672	0,8845	1
17-18	1,5	0,0002	1012,85	0,2206	9,1530	0,3604	0,5
19-20	1,5	0,0010	1018	0,9841	19,8829	0,7828	1
21-22	10,6	0,0029	777,08	2,9522	38,9024	1,5316	1,75
22-23	2,7	0,0029	1018	2,9522	35,2032	1,3860	1,5
22-24	10,1	0,0036	806,73	3,6224	42,6738	1,6801	1,75
25-26	6,6	0,0007	1012,85	0,6617	16,2056	0,6380	0,75

(conclusão)

Trecho	L (m)	Vazão (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	Vazão mássica (kg/s)	D (mm)	D (in)	D _{comercial} (in)
27-28	2,3	0,0000	1284,23	0,0283	2,8809	0,1134	0,25
31-32	29,3	0,0026	972,52	2,6468	33,8272	1,3318	1,5
33-34	1,5	0,0017	1002,38	1,7023	26,5909	1,0469	1,25
35-36	1,5	0,0042	999,62	4,2813	42,9983	1,6928	1,75
37-38	1,5	0,0029	990,93	2,9635	35,6268	1,4026	1,5
39-40	1,5	0,0029	990,93	2,9635	35,6268	1,4026	1,5
41-42	4,8	0,0000	1672,21	0,0339	2,8726	0,1131	0,25
43-44	1,5	0,0030	988,65	3,0568	36,2367	1,4266	1,5
45-46	1,5	0,0002	1261,44	0,2347	8,7162	0,3432	0,5
47-48	1,5	0,0002	1284,95	0,2291	8,5477	0,3365	0,5
49-50	15,3	0,0000	1855,75	0,0424	3,1041	0,1222	0,25
51-52	1,5	0,0003	1434,88	0,2602	8,7674	0,3452	0,5
53-54	1,5	0,0002	1244,36	0,1753	7,5273	0,2963	0,5
55-56	1,5	0,0002	1244,36	0,1753	7,5273	0,2963	0,5
57-58	1,5	0,0002	1236,76	0,1782	7,6074	0,2995	0,5
59-60	1,5	0,0002	1236,76	0,1782	7,6074	0,2995	0,5
61-62	1,8	0,0001	1281,31	0,1499	6,8630	0,2702	0,5

Fonte: Os autores (2019).

C.30 SISTEMA CIP

O sistema CIP foi dimensionado segundo o método descrito por Forni (2007), que inicia pela identificação do maior tanque presente na indústria. A seguir, calcula-se o volume de toda superfície interna deste tanque, coberto com uma camada de 2 mm do fluido limpante, com o volume necessário para cada tanque CIP, e assume-se um volume útil de 80%, segundo a Equação (40).

$$V_{\text{tanque CIP}} = \frac{A_{\text{tanque}} \cdot 0,002}{0,8} \quad (40)$$

Onde:

$V_{tanque\ CIP}$ = Volume do tanque CIP, em m³;

A_{tanque} = área superficial interna do maior tanque, em m².

Em seguida, adotou-se um fator de sujidade alto igual a 35, segundo classificação de Forni (2007), e calculou-se a vazão requerida pelo aspersor de cada equipamento segundo a Equação (41).

$$Q_{req} = \frac{F_S \pi D_t}{60000} \quad (41)$$

Onde:

Q_{req} = vazão requerida pelo aspersor, em m³/s;

F_S = fator de sujidade;

D_t = diâmetro do tanque.

APÊNDICE D - PROJETO DE UTILIDADES

D.1 ÁGUA FRIA

A fim de dimensionar a tubulação de água fria, utilizou-se as equações (42) e (43) para estimar a área e o diâmetro das tubulações.

$$A = \frac{Q}{v} \quad (42)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} \quad (43)$$

Considerou-se a velocidade de 2,5 m/s, sendo esta a máxima recomendada pela norma regulamentadora NBR 5626/98. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 70.

Tabela 70 - Área e diâmetro das tubulações de água fria.

						(continua)
Área	Trecho	Vazão (m ³ /h)	Área (cm ²)	D (cm)	D (pol)	
Área Industrial	1-2	16,92	18,80	4,89	1,93	
Área Industrial	3-4	2,70	3,00	1,95	0,77	
Área Industrial	5-6	14,22	15,80	4,49	1,77	
Área Industrial	6-7	0,66	0,73	0,97	0,38	
Área Industrial	6-8	23,34	25,93	5,75	2,26	
Prédio auxiliar	8-9	14,22	15,80	4,49	1,77	
Prédio auxiliar	9-10	2,16	2,40	1,75	0,69	
Prédio auxiliar	9-11	41,46	46,07	7,66	3,02	
Prédio auxiliar	11-12	3,24	3,60	2,14	0,84	
Prédio auxiliar	11-13	10,98	12,20	3,94	1,55	
Prédio auxiliar	13-14	1,08	1,20	1,24	0,49	
Prédio auxiliar	13-15	13,14	14,60	4,31	1,70	
Prédio auxiliar	15-16	7,00	7,78	3,15	1,24	
Prédio auxiliar	15-17	7,22	8,02	3,20	1,26	
Prédio auxiliar	17-18	2,16	2,40	1,75	0,69	
Prédio auxiliar	17-19	2,16	2,40	1,75	0,69	
Prédio auxiliar	19-20	0,72	0,80	1,01	0,40	

(conclusão)

Área	Trecho	Vazão (m ³ /h)	Área (cm ²)	D (cm)	D (pol)
Prédio auxiliar	19-21	1,44	1,60	1,43	0,56
Área Industrial	8-22	9,12	10,13	3,59	1,41
Área Industrial	1'-2'	5,96	6,62	2,90	1,14

Fonte: Os autores (2019).

Com os diâmetros calculados, é possível realizar a escolha das bitolas que serão utilizadas. Utilizou-se bitolas inferiores e superiores à calculada para recalculá-las a velocidade, conforme a Equação (44). No caso das bitolas que não oferecerem um valor de velocidade dentro do valor permitido, utilizou-se a que fornece o menor valor visando uma menor perda de carga.

$$v = \frac{4 \cdot Q}{D^2 \cdot \pi} \quad (44)$$

Os resultados obtidos para as velocidades recalculadas estão apresentados na Tabela 71.

Tabela 71 - Velocidades recalculadas para a tubulação de água.

(continua)

Área	Trecho	D (pol)	D _{bitola superior} (pol)	V _{bitola superior} (m/s)	D _{bitola inferior} (pol)	V _{bitola inferior} (m/s)
Área Industrial	1-2	1,93	2	2,32	1,5	4,12
Área Industrial	3-4	0,77	1	1,48	0,75	2,63
Área Industrial	5-6	1,77	2	1,95	1,5	3,46
Área Industrial	6-7	0,38	0,5	1,45	0,25	5,79
Área Industrial	6-8	2,26	2,5	2,05	2	3,20
Prédio auxiliar	8-9	1,77	2	1,95	1,5	3,46
Prédio auxiliar	9-10	0,69	0,75	2,11	0,5	4,74
Prédio auxiliar	9-11	3,02	4	1,42	3	2,53
Prédio auxiliar	11-12	0,84	1	1,78	0,75	3,16
Prédio auxiliar	11-13	1,55	2	1,50	1,5	2,68
Prédio auxiliar	13-14	0,49	0,5	2,37	0,25	9,47
Prédio auxiliar	13-15	1,70	2	1,80	1,5	3,20
Prédio auxiliar	15-16	1,24	1,5	1,71	1	3,84

(conclusão)

Área	Trecho	D (pol)	D ^{bitola superior} (pol)	V ^{bitola superior} (m/s)	D ^{bitola inferior} (pol)	V ^{bitola inferior} (m/s)
Prédio auxiliar	15-17	1,26	1,5	1,76	1	3,96
Prédio auxiliar	17-18	0,69	0,75	2,11	0,5	4,74
Prédio auxiliar	17-19	0,69	0,75	2,11	0,5	4,74
Prédio auxiliar	19-20	0,40	0,5	1,58	0,25	6,32
Prédio auxiliar	19-21	0,56	0,75	1,40	0,5	3,16
Área Industrial	8-22	1,41	1,5	2,22	1	5,00
Área Industrial	1'-2'	1,14	1,5	1,45	1	3,27

Fonte: Os autores (2019).

De acordo com a Tabela 71, escolheu-se, portanto, os diâmetros de bitola superior, uma vez que estas velocidades estão dentro das recomendadas.

D.2 ÁGUA GELADA

A água gelada será utilizada na cristalização do ácido tartárico, uma vez que, a nucleação necessita de um tempo satisfatório, no qual haverá o aparecimento espontâneo de núcleos de cristalização, além de ser, do ponto de vista energético, o mais favorável e operacionalmente simples. A demanda de água gelada está apresentada na Tabela 72.

Tabela 72 - Demanda de água gelada.

Área	Equipamento	Demanda de água (m ³ /h)
Área industrial	Cristalizador (C01)	6,62

Fonte: Os autores (2019).

Sendo assim, o dimensionamento foi semelhante ao da água fria, o qual é descrito por Macintyre (2010). As equações (41) e (42) foram utilizadas para calcular a área e o diâmetro das tubulações.

O resultado obtido está apresentado na Tabela 73.

Tabela 73 - Área e diâmetro das tubulações de água gelada.

Área	Trecho	Vazão (m ³ /h)	Área (cm ²)	D (cm)	D (pol)
Área industrial	1-2	6,62	7,36	3,06	1,20

Fonte: Os autores (2019).

Com a Equação (43), calculou-se novamente as velocidades para os diâmetros de bitola superior e inferior e o resultado obtido está presente na Tabela 74.

Tabela 74 - Velocidades recalculadas para a tubulação de água gelada.

Área	Trecho	D (pol)	D _{bitola superior} (pol)	V _{bitola superior} (m/s)	D _{bitola inferior} (pol)	V _{bitola inferior} (m/s)
Área industrial	1-2	1,20	1,50	1,61	1,00	3,63

Fonte: Os autores (2019).

De acordo com a Tabela 74, escolheu-se os diâmetros de bitola superior já que estas velocidades estão dentro das recomendadas.

D.3 ÁGUA QUENTE

Para o dimensionamento das tubulações de água quente, adotou-se as mesmas considerações da água fria. Sendo assim, as equações (42) e (43) foram utilizadas para calcular a área e o diâmetro das tubulações. Assumindo-se que a água quente será utilizada somente no processo de solubilização do ácido tartárico, têm-se que há somente um trecho na área industrial. O resultado obtido está apresentado na Tabela 75.

Tabela 75 - Área e diâmetro das tubulações de água quente.

Área	Trecho	Vazão (m ³ /h)	Área (cm ²)	D (cm)	D (pol)
Área industrial	31-32	10,48	11,64	3,85	1,52

Fonte: Os autores (2019).

Com a Equação 43, recalculou-se as velocidades para os diâmetros de bitola superior e inferior e o resultado obtido está presente na Tabela 76.

Tabela 76 - Velocidades recalculadas para a tubulação de água.

Área	Trecho	D (pol)	D _{bitola superior} (pol)	V _{bitola superior} (m/s)	D _{bitola inferior} (pol)	V _{bitola inferior} (m/s)
Área Industrial	31-32	1,52	2	1,44	1	5,75

Fonte: Os autores (2019).

De acordo com a Tabela 76, escolheu-se os diâmetros de bitola superior já que estas velocidades estão dentro das recomendadas.

D.4 AR COMPRIMIDO

De acordo com o Manual Técnico de Poços Profundos (YASSUDA,1965), dimensionou-se o sistema *air-lift* com base na vazão de água necessária de 93,82 m³/h.

Utilizou-se os seguintes dados para os cálculos:

Profundidade do poço: 110 m

Profundidade do nível estático: 5,7 m

Profundidade do nível dinâmico: 23,7 m

Ponto de descarga: 2 m

Profundidade do injetor: 68 m

Determinou-se o fator de consumo de ar (f) pela Equação de Rix e Abrams:

$$f = \frac{Hg}{C \cdot \log \frac{Hs + 10,37}{10,37}} \quad (45)$$

Sendo:

Hg: altura geométrica total de elevação (Hg = 23,7 + 2,0 = 25,7 metros)

Hs: submersão dinâmica do ponto de descarga de ar (Hs = 68 - 23,7 = 44,3 m)

C: coeficiente que depende da porcentagem de submersão

Conhecendo a altura Hg, utilizou-se o Anexo AH para estimar a porcentagem de submersão permissível, obtendo-se o valor de 62,3% por meio de interpolação. Com este dado, foi calculado o coeficiente C através do Anexo AI cujo valor encontrado foi de 13,89. Aplicando na Equação, tem-se um fator de consumo de ar de 2,6.

Para encontrar a vazão de ar comprimido, utilizou-se a Equação (46).

$$q = f \cdot Q \quad (46)$$

Onde:

q: vazão de ar livre

Q: vazão de água

Portanto, a vazão de ar comprimido é 44,20 m³/h. Adicionando-se uma margem de segurança de 20%, chega-se em uma vazão de 53,04 m³/h necessária para o sistema *air-lift*.

O dimensionamento das tubulações de vapor também foi realizado conforme descrito por Macintyre (2010).

Primeiramente, calculou-se os valores do diâmetro da tubulação de acordo com a Equação (47). Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 78.

$$h_f = 0,008 * \frac{Q_i^{1,85} \cdot L_{total}}{d^5 \cdot p_i} \quad (47)$$

Onde:

Q_i é a descarga livre em (m³/min)

L_{total} é o comprimento real mais o equivalente (m)

d é o diâmetro (pol)

p_i é a pressão absoluta inicial (kgf/cm²)

Tabela 77 - Diâmetro das tubulações de ar comprimido.

Área	Trecho	Q (m ³ /min)	L _{total} (m)	H _f (kgf/cm+.m)	D (pol)
Área Industrial	1-2	1,56	0,27	0,0002	1,20
Área Industrial	2-3	0,88	9,98	0,002	1,26
Área Industrial	2-4	0,68	48,19	0,0008	1,88
Área Industrial	4-5	0,34	1,48	0,002	0,60
Área Industrial	4-6	0,34	10,72	0,002	0,90

Fonte: Os autores (2019).

Em seguida, foram calculadas novamente as perdas de pressão admissíveis com os diâmetros calculados com a Equação (47). As perdas de carga calculadas estão presentes na Tabela 78 e escolheu-se o diâmetro de as bitolas que apresentam menor perda de carga

Tabela 78 - Perda de carga admissíveis.

Área	Trecho	D (pol)	D _{bitola superior} (pol)	Perda de carga com bitola superior (m/s)	D _{bitola inferior} (pol)	Perda de carga com bitola inferior (m/s)
Área Industrial	1-2	1,20	1,25	0,00016	4	0,0000005
Área Industrial	2-3	1,26	1,5	0,00103	4	0,0000062
Área Industrial	2-4	1,88	2	0,00059	6	0,0000024
Área Industrial	4-5	0,60	0,75	0,00068	2,5	0,0000017
Área Industrial	4-6	0,90	1	0,00116	3	0,0000048

Fonte: Os autores (2019).

De acordo com a Tabela 78, escolheu-se os diâmetros de bitola inferior uma vez que estes apresentaram menor perda de carga.

D.4.1 Reservatório de ar comprimido

Para o dimensionamento do reservatório existem algumas considerações práticas. O caso escolhido foi o caso de instalações importantes (MACINTYRE, 2010). A Equação para este caso está apresentada em (48).

$$V = \sqrt[3]{Q} \quad (48)$$

Onde:

V = Volume do reservatório (m³)

Q = vazão de ar livre aspirado (m³/hora de ar livre aspirado)

Dessa forma, o volume do reservatório será de 93,82 m³, atendendo a capacidade necessária para a planta industrial. O reservatório de ar comprimido deve estar localizado, se possível, ao ar livre e no exterior facilitando o resfriamento do ar (MACINTYRE, 2010).

D.5 VAPOR

D.5.1 Dimensionamento

Conforme Macintyre (2010), para o dimensionamento da tubulação de vapor utilizou-se os critérios da velocidade, no qual usa-se sub-ramais de peças ou equipamentos, e o critério da perda de carga, no qual deve ser empregado em ramais e linhas principais que possuem muitas peças e acessórios. As tubulações devem ser escolhidas a fim de suportar a temperatura e a correspondente pressão na qual o vapor será submetido.

Para evitar as perdas de carga elevadas e erosão das tubulações, conforme Macintyre (2010), são adotadas as seguintes velocidades do vapor:

- Para ramais secundários e linhas curtas: 10 a 15 m/s;
- Para linhas alimentadoras: 15 a 30 m/s.

Há dois critérios que servem como base para o dimensionamento das tubulações:

- a) Critério da velocidade: no qual utiliza-se somente para ramais individuais, ou seja, sub-ramais de peças ou equipamentos;
- b) Critério da perda de carga: Deve ser empregado em ramais e linhas principais que possuem muitas peças e acessórios (MACINTYRE, 2010).

Sendo assim, a fórmula empregada para o cálculo da perda de carga está apresentada na Equação (49) e para o diâmetro está apresentada na Equação (50).

$$J = 0,029 \cdot \frac{\dot{m}^{1,95} \cdot v \cdot 0,95}{D^{5,1}} \quad (49)$$

$$D = \sqrt[5,1]{\frac{0,00,029 \cdot \dot{m}^{1,95} \cdot v \cdot 0,95}{J}} \quad (50)$$

Onde:

J = perda de carga (kgf/cm².100 m);

m = vazão mássica (kg/h);

v = volume específico (m³/kg);

D = diâmetro (cm).

A fórmula utilizada é a Equação (51) que apresenta uma boa aproximação para o valor da velocidade (MACINTYRE, 2010).

$$v = 2,78 \cdot \frac{\dot{m} \cdot v}{S} \quad (51)$$

Onde:

m = vazão mássica (kg/h);

v = volume específico (m³/kg);

S = área de seção do escoamento (cm²)

A variação de pressão foi calculada conforme a Equação (52).

$$\Delta P = \frac{J \cdot L_{eq}}{100} \quad (52)$$

Onde:

J = perda de carga (kgf/cm².100 m)

L_{eq} = comprimento equivalente (m)

ΔP = variação de pressão (kgf/cm²)

A Tabela 79 apresenta os dados obtidos para comprimento equivalente, a perda de carga, velocidade e variação de pressão.

Tabela 79 - Dados obtidos para tubulação de vapor.

(continua)

Área	Trecho	L (m)	L _{eq} (m)	Perda de carga (kgf/cm ²)	Variação da pressão (kgf/cm ²)	V (m/s)
Área industrial	1-2	21,97	25,27	0,023	5,75E-03	18,48
Área industrial	2-3	6,24	7,80	0,032	2,52E-03	14,42
Área industrial	3-4	0,27	0,33	0,031	1,03E-04	9,22
Área industrial	3-5	9,34	11,68	0,023	2,68E-03	12,11

(conclusão)

Área	Trecho	L (m)	L_{eq} (m)	Perda de carga (kgf/cm ²)	Varição da pressão (kgf/cm ²)	V (m/s)
Área industrial	2-6	10,93	13,67	0,015	2,04E-03	14,87

Fonte: Os autores (2019).

A dilatação térmica atinge valores consideráveis na tubulação de vapor, uma vez que o vapor atinge temperaturas bastante elevadas. Sendo assim, é recomendável que para trechos curtos de tubulação, deve-se usar traçado ao invés de retilíneo para dar flexibilidade à tubulação, permitindo a dilatação sem que ocorram tensões excessivas (MACINTYRE, 2010).

A Equação (53) mostra a fórmula utilizada para o cálculo da dilatação térmica.

$$\Delta L = \alpha \cdot L_0 \cdot \Delta T \quad (53)$$

Onde:

ΔL = variação de comprimento (m);

α = coeficiente de dilatação térmica (mm/mm.°C);

L_0 = comprimento inicial (m);

ΔT = variação de temperatura (°C).

A temperatura ambiente foi considerada igual a 25 °C e a constante de dilatação térmica do aço-carbono A-53 é de $12,1 \cdot 10^{-6}$ mm/(mm.°C) (PERRY, 2008). A Tabela 80 mostra a dilatação da tubulação de vapor em cada trecho.

Tabela 80 - Dilatação da tubulação.

Área	Trecho	Comprimento (m)	T (°C)	Dilatação (mm)
Área industrial	1-2	21,97	250	59,81
Área industrial	2-3	6,24	250	17,00
Área industrial	3-4	0,27	250	0,72
Área industrial	3-5	9,34	250	25,43
Área industrial	2-6	10,93	250	29,77

Fonte: Os autores (2019).

De acordo com o Anexo AJ, calculou-se o comprimento de juntas e os resultados estão apresentados na Tabela 81.

Tabela 81 - Comprimento de juntas da tubulação de vapor.

Área	Trecho	Comprimento da Junta (mm)
Área industrial	1-2	310
Área industrial	2-3	250
Área industrial	3-4	220
Área industrial	3-5	250
Área industrial	2-6	310

Fonte: Os autores (2019).

A espessura do isolamento foi definida de acordo com o Anexo AB, e os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 82.

Tabela 82 - Espessura do isolamento das tubulações de vapor.

Área	Trecho	Espessura de isolamento (mm)
Área industrial	1-2	1,5
Área industrial	2-3	1,5
Área industrial	3-4	1,5
Área industrial	3-5	1,5
Área industrial	2-6	1,5

Fonte: Os autores (2019).

O Anexo AC foi usado para definir o espaçamento máximo entre apoios para tubos de aço-carbono A-53 e calcular o número de suportes necessários. Os resultados obtidos estão presentes na Tabela 83.

Tabela 83 - Espaçamento entre apoios e número de suportes para a tubulação de vapor.

(continua)			
Área	Trecho	Espaçamento (m)	Número de suportes
Área industrial	1-2	6,7	4
Área industrial	2-3	4,2	2

(conclusão)

Área	Trecho	Espaçamento (m)	Número de suportes
Área industrial	3-4	3,0	1
Área industrial	3-5	4,2	3
Área industrial	2-6	6,7	2

Fonte: Os autores (2019).

Conforme o Anexo AI, estimou-se o comprimento entre apoio das tubulações. O resultado está apresentado na Tabela 84.

Tabela 84 - Comprimento entre apoios para a tubulação de vapor.

Área	Trecho	D nominal (in)	L ₁ (m)	L ₂ (m)
Área industrial	1-2	8	0,81	13,70
Área industrial	2-3	4	0,41	9,10
Área industrial	3-4	2	0,20	0,30
Área industrial	3-5	4	0,41	9,10
Área industrial	2-6	8	0,81	13,70

Fonte: Os autores (2019).

D.6 CONDENSADO

A quantidade de vapor formada nos equipamentos foi considerada a situação mais desfavorável, ou seja, considerou-se que a quantidade de condensado formado nos equipamentos é igual à demanda de vapor. Os valores podem ser verificados na Tabela 85.

Tabela 85 - Quantidade de vapor formada nos equipamentos.

Área	Trecho	C (kJ/kg.°C)	P (kg)	t _f (°C)	t _i (°C)	L (kJ/kg)	Q (kg)
Área industrial	1-2	0,49	933,29	250	25	-1712,9	-60,07
Área industrial	2-3	0,49	100,27	250	25	-1712,9	-6,45
Área industrial	3-4	0,49	1,44	250	25	-1712,9	-0,093
Área industrial	3-5	0,49	150,01	250	25	-1712,9	-9,65
Área industrial	2-6	0,49	464,50	250	25	-1712,9	-29,90

Fonte: Os autores (2019).

Segundo Macintyre (2010), a Equação (54) é utilizada para determinar a quantidade de condensado formada durante a fase de aquecimento, sendo esta a situação mais desfavorável.

$$Q = C \cdot \frac{P \cdot (t_f - t_i)}{L} \quad (54)$$

Onde:

Q = quantidade de condensado formado (kg);

C = calor específico do aço (0,49 kJ/(kg.°C));

P = peso da tubulação de vapor, de aço, no trecho onde se considera formando o condensado (kg);

t_f = temperatura final da tubulação que será igual a do vapor (°C);

t_i = temperatura inicial da tubulação, suposta igual a do meio (°C);

L = calor latente (kJ/kg).

O resultado obtido está apresentado na Tabela 86.

Tabela 86 - Quantidade de condensado formado nas tubulações.

Área	Equipamento	Vapor condensado (kg/h)
Pavilhão Industrial	Coluna de destilação	2.142,00
Pavilhão Industrial	Trocador de calor (S01)	83,02
Pavilhão Industrial	Trocador de calor (S02)	436,10

Fonte: Os autores (2019).

D.7 BOMBAS

O primeiro passo foi calcular o número de Reynolds pela Equação (55).

$$Re = \frac{\rho u D}{\mu} \quad (55)$$

A seguir calcula-se o a rugosidade relativa ϵ/D , dividindo a rugosidade do material pelo diâmetro da tubulação. Com o número de Reynolds e ϵ/D , encontra-se o fator de atrito f pelo diagrama de Moody, no Anexo AK, ou pela Equação (54) quando for na região laminar

do diagrama. O próximo passo foi calcular a perda de pressão na tubulação, pela Equação (56), usando como comprimento total L a soma do comprimento da tubulação com o somatório do comprimento equivalente de todos acessórios.

$$f = \frac{64}{Re} \quad (55)$$

$$\Delta P_f = 8f \left(\frac{L}{D} \right) \frac{\rho u^2}{2} \quad (56)$$

Depois calculou-se o trabalho realizado pela bomba, partindo do balanço de energia dado na Equação (57).

$$g\Delta z + \frac{\Delta P}{\rho} - \frac{\Delta P_f}{\rho} - W = 0 \quad (57)$$

Onde:

W = trabalho realizado, J/kg;

Δz = diferença de elevação, m;

ΔP = diferença de pressão, N/m²;

ΔP_f = queda de pressão devido a fricção e perdas localizadas, N/m²

Assumiu-se que não havia diferença de pressão, o que permitiu simplificar a Equação e, isolando o trabalho W , obter a Equação (59).

$$W = g\Delta z - \frac{\Delta P_f}{\rho} \quad (59)$$

O valor negativo do trabalho indica o requerimento de uma bomba para fornecer energia ao sistema, enquanto um valor positivo iria sugerir a possibilidade de se instalar uma turbina para extrair energia (SINNOT, 2005). Em posse do trabalho, calcula-se a potência do equipamento pela Equação (60), considerando o módulo do valor por convenção.

$$Potência = \frac{W \times m}{\eta} \quad (60)$$

Onde:

m = vazão mássica, kg/s;

η = eficiência da bomba.

Algumas considerações para o dimensionamento das bombas foram feitas, a viscosidade utilizada foi de 0,1 Pa.s, a eficiência das bombas foi considerada igual a 80% e a rugosidade foi considerada igual a 0,046 mm (PERRY, 2008). Os resultados obtidos estão apresentados nas tabelas 87 e 88.

Tabela 87 - Cálculo do número de Reynolds.

Bomba	LT (m)	Kl	Vb	D (m)	ρ (kg/m ³)	ms (kg/s)	ΔZ	V (m/s)	Re
BC01	16,41	5,5	2,95522	0,039	806,73	2,87	4,1	2,95	932,19
BC02	1,75	4,1	2,66195	0,04	880,48	2,91	6,7	2,66	930,94
BC03	7,01	4	2,78163	0,023	880,48	0,97	3,8	2,77	548,91
BC04	1,5	4,1	3,29289	0,009	1012,85	0,22	6,1	3,27	304,47
BC05	6,59	5,2	3,15132	0,016	1012,85	0,66	1,9	3,16	518,73
BC06	2,33	4	4,26141	0,003	1284,23	0,03	2,7	3,54	131,71
BC07	13,31	3,1	0,81327	0,039	777,08	0,75	4,1	0,81	245,48
BC08	29,28	6,5	2,89302	0,034	972,52	2,53	3,3	2,90	953,05
BC09	1,5	3,3	2,97904	0,035	990,93	2,88	3,3	2,97	1038,79
BC10	1,5	1,6	2,97904	0,035	990,93	2,88	1,6	2,97	1038,79
BC11	10,43	1,6	3,56225	0,004	1672,21	0,06	1,6	3,73	218,27
BC12	1,5	2,5	2,97535	0,036	988,65	2,97	2,5	2,98	1056,29
BC13	1,5	0,5	3,29707	0,009	1261,44	0,29	0,5	3,31	392,81
BC14	1,5	1,2	3,30029	0,009	1284,95	0,29	1,2	3,32	397,03
BC15	22,95	1,2	3,53059	0,004	1855,75	0,08	1,2	3,61	261,18
BC16	1,5	0,2	3,25383	0,01	1434,88	0,37	0,2	3,28	471,10
BC17	1,5	1,3	3,33577	0,008	1244,36	0,22	1,3	3,43	345,82
BC18	1,5	0,9	3,33577	0,008	1244,36	0,22	0,9	3,43	345,82
BC19	1,5	1	3,33363	0,008	1236,76	0,22	1	3,37	341,60
BC20	1,5	1,4	3,33363	0,008	1236,76	0,03	1,4	0,46	46,58
BC21	2,27	5,6	3,35676	0,008	1281,31	0,19	5,6	3,36	322,55
BR01	35,57	3,5	3,05349	0,033	1046,54	2,74	3,5	3,06	1057,17
BR02	1,75	4,1	3,18432	0,025	1078,26	1,72	4,1	3,20	869,04
BR03	1,5	3,9	2,7083	0,048	921,4	4,59	3,9	2,71	1207,47
BR04	1,5	2,9	3,01119	0,027	1002,38	1,68	2,9	3,02	804,15
BR05	1,5	2,5	2,89621	0,043	999,62	4,2	2,5	2,89	1243,63

Fonte: Os autores (2019).

Tabela 88 - Dimensionamento das bombas.

Bomba	Quantidade	f	ΔP_f (N/m ²)	W (J/kg)	Potência (kW)	Potência (hp)
BC01	1	0,07	1075974,26	-1293,72	4,64	6,22
BC02	1	0,07	251158,08	-219,23	0,80	1,07
BC03	1	0,12	1542622,17	-1714,35	2,08	2,79
BC04	1	0,21	5534321,06	-5404,27	1,49	1,99
BC05	1	0,12	3635822,17	-3571,55	2,95	3,95
BC06	1	0,49	68145980,73	-53037,20	1,99	2,67
BC07	1	0,26	225452,88	-250,10	0,23	0,31
BC08	1	0,07	2324585,90	-2358,29	7,46	10,00
BC09	1	0,06	290407,43	-261,08	0,94	1,26
BC10	1	0,06	190961,19	-176,72	0,64	0,85
BC11	1	0,29	93990865,45	-56191,58	4,21	5,65
BC12	1	0,06	240235,34	-218,17	0,81	1,09
BC13	1	0,16	1919552,81	-1516,81	0,55	0,74
BC14	1	0,16	2655179,11	-2054,60	0,74	1,00
BC15	1	0,25	146682839,57	-79030,58	7,90	10,60
BC16	1	0,14	1386820,24	-965,03	0,45	0,60
BC17	1	0,19	3721615,00	-2978,23	0,82	1,10
BC18	1	0,19	3145969,51	-2519,84	0,69	0,93
BC19	1	0,19	3244534,87	-2613,31	0,72	0,96
BC20	1	1,37	501894,45	-392,37	0,01	0,02
BC21	1	0,20	11945688,03	-9268,58	2,20	2,95
BR01	1	0,06	2814341,99	-2654,46	9,09	12,19
BR02	1	0,07	751659,98	-657,08	1,41	1,89
BR03	1	0,05	158302,18	-134,04	0,77	1,03
BR04	1	0,08	475758,89	-446,57	0,94	1,26
BR05	1	0,05	161834,82	-136,98	0,72	0,96

Fonte: Os autores (2019).

No total a planta contará com 26 bombas, sendo 21 delas do tipo centrífuga e 5 do tipo rotativas de parafuso que deslocam fluidos com viscosidades maiores.

D.8 TROCADORES DE CALOR

A demanda energética de cada trocador de calor foi estimada através do simulador computacional, o qual também forneceu a quantidade de vapor ou água de resfriamento necessário para cada um. Para aquecimento usou-se vapor a 250 °C e, para resfriamento, água a 7 °C. No caso do vapor haverá apenas a condensação, enquanto que a água de

resfriamento sairá dos trocadores a 16 °C. Os coeficientes de troca térmica foram obtidos segundo dados fornecidos por Perry (2008), de acordo com o tipo de fluido.

A área de troca térmica foi calculada iniciando-se pela definição da diferença de temperatura entre os fluidos quentes e frio, na entrada e saída, para cada equipamento, segundo as equações (61) e (62).

$$\Delta T_e = T_{q,e} - T_{f,s} \quad (61)$$

$$\Delta T_s = T_{q,s} - T_{f,e} \quad (62)$$

Onde:

ΔT_e = diferença de temperatura entre os fluidos quente e frio na entrada do trocador, em °C;

$T_{q,e}$ = temperatura do fluido quente entrando no trocador, em °C;

$T_{f,s}$ = temperatura do fluido frio saindo do trocador, em °C;

ΔT_s = diferença de temperatura entre os fluidos quente e frio na saída do trocador, em °C;

$T_{q,s}$ = temperatura do fluido quente saindo do trocador, em °C;

$T_{f,e}$ = temperatura do fluido frio saindo do trocador, em °C.

Definidas as diferenças de temperatura, calculou-se a média logarítmica da diferença de temperaturas pela Equação (63).

$$\Delta T_{ml} = \frac{\Delta T_e - \Delta T_s}{\ln \left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s} \right)} \quad (63)$$

Onde:

Q = demanda energética, em kJ/h;

U = coeficiente global de troca térmica, em kJ/h.m².°C;

A = área em m²;

ΔT_{ml} = média logarítmica da diferença de temperaturas, em °C.

Por fim, a área de troca térmica foi calculada pela Equação (64).

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T_{ml} \quad (64)$$

Os dados utilizados para os cálculos e os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 89 e foram utilizados para escolher o modelo comercial.

Tabela 89 - Cálculo da área de troca térmica dos trocadores de calor.

Equipamento	Vapor (kg/h)	Água Gelada (kg/h)	Condensado (kg/h)	Energia Requerida (kJ/h)	U (kJ/h*m ² *°C)	ΔT_{ml}	Área de troca (m ²)
TC do Secador 1	83,02			182.355,04	5.110,44	119,23	0,30
TC do Secador 2	436,10			957.861,50	5.110,44	119,23	1,57
Refrvedor da Destilação			2.142,00	4.703.635,5 5	6.643,55	184,20	3,84
Cristalizador		6.607,00		248.717,01	4.599,39	6,81	7,95

Fonte: Os autores (2019).

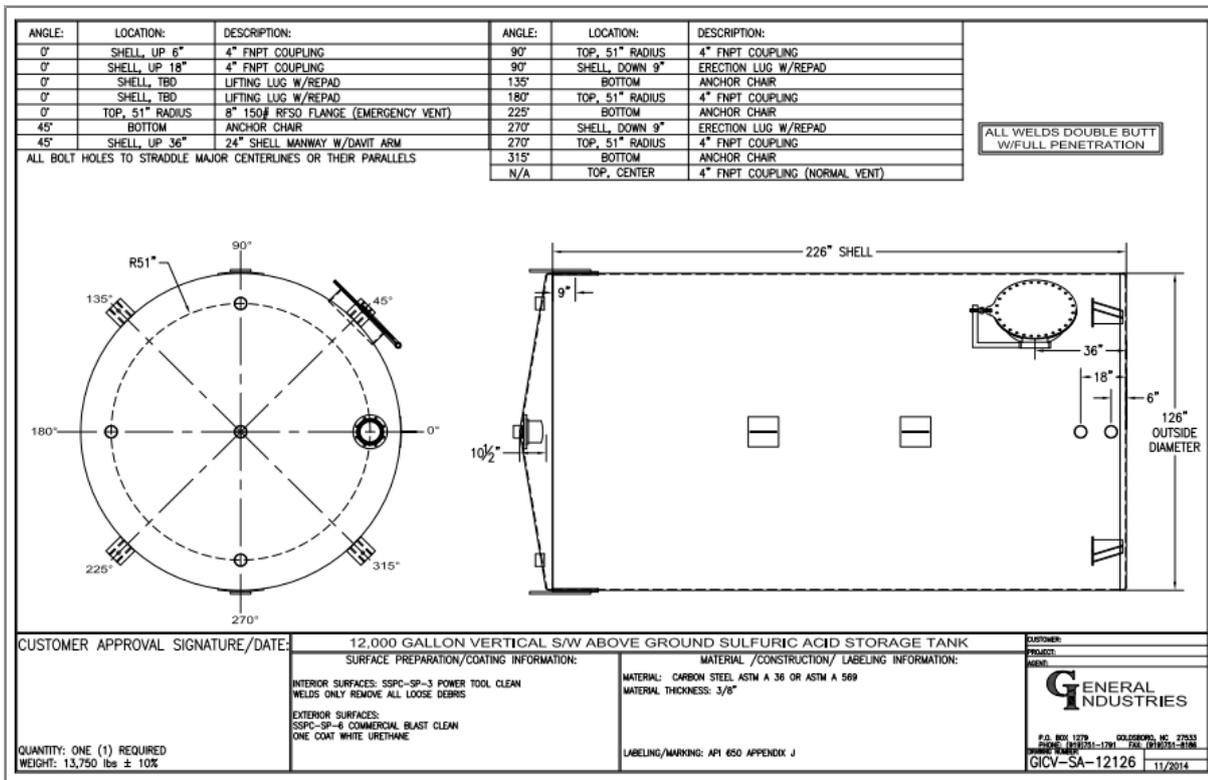
LISTA DE ANEXOS

ANEXO A - TANQUES

CAPACITY (gals)	DIMENSIONS (dia x length)	GAUGE	APPROX WT (lbs)
150	30" x 4'-0"	12 ga shell, bottom, cone roof	190
300	38" x 5'-0"	12 ga shell, bottom, cone roof	245
550	48" x 6'-0"	12 ga shell, bottom, cone roof	600
1,000	64" x 6'-0"	10 ga shell, bottom, cone roof	1180
1,500	64" x 9'-0"	7 ga shell and cone roof, 1/4" bottom	1560
2,000	64" x 12'-0"	3/16" shell and cone roof, 1/4" bottom	1980
2,500	64" x 15'-0"	3/16" shell and cone roof, 1/4" bottom	2370
3,000	72" x 14'-0"	3/16" shell and cone roof, 1/4" bottom	2565
4,000	96" x 11'-0"	3/16" shell and cone roof, 1/4" bottom	3150
5,000	96" x 13'-4"	3/16" shell and cone roof, 1/4" bottom	3800
6,000	96" x 16'-0"	3/16" shell and cone roof, 1/4" bottom	4300
8,000	96" x 21'-4"	3/16" shell and cone roof, 1/4" bottom	5350
8,000	120" x 14'-0"	3/16" shell and cone roof, 1/4" bottom	4900
10,000	10'-6" x 16'-0"	3/16" shell and cone roof, 1/4" bottom	5950
12,000	10'-6" x 18'-0"	3/16" shell and cone roof, 1/4" bottom	6670
15,000	10'-6" x 24'-0"	3/16" shell and cone roof, 1/4" bottom	8050
20,000	10'-6" x 31'-0"	1/4" lower 7'-0" of shell, 3/16" remainder of shell and cone roof, 1/4" bottom	10100
25,000	12'-0" x 30'-0"	1/4" lower 6'-0" of shell, 3/16" remainder of shell and cone roof, 1/4" bottom	12200
30,000	12'-0" x 35'-0"	1/4" lower 11'-0" of shell, 3/16" remainder of shell and cone roof, 1/4" bottom	14200

Fonte: Southern Tank (2019).

ANEXO B - TANQUE DE ÁCIDO SULFÚRICO



Fonte: General Industries Inc. (2019).

ANEXO C - TANQUE CLORETO DE CÁLCIO

1000 Gal, 304SS, Slope Bottom Tank, #2B Finish

Price: \$15,330

1000 Gal, 304SS, Slope Bottom Tank, #2B Finish



Specification	Value
Item Number	S4TSS1000
Bottom Head	Slope
Bottom Head Fitting	2" Female NPT Half Coupling
External Material	304SS
External Surface Finish	2B
Leg Length	12 in
Outer Diameter	72 in
Straight Side Height	67 in
Tank Mounting Options	Bolt Down Flanges
Top Head	Open
Total Height	76 in
Total Volume	1091 gal
Volume	1000 gal
Weight	935 lbs
Wetted Material	304SS
Wetted Surface Finish	2B



Mixer Direct

2600 River Green Circle
Louisville, KY. 40206 USA

Phone: 812-202-4047
Email: sales@mxdprocess.com
<https://www.mixerdirect.com>

Fonte: Mixer Direct (2019).

ANEXO D - IMPELIDOR TANQUE CLORETO DE CÁLCIO

Axial Flow Turbine RBW, 24" Diameter, 1 1/4" Bore

Price: \$525

The axial flow turbine is a classic medium shear impeller. Very effective in both low viscosity and high, this impeller allows a mixer to break up agglomeration and impart solids effectively. They will draw more power per volume than the propellers or hydrofoils as motor power is converted to shear energy. This impeller has a reduced blade width (RBW) design to drop the power requirements at the same diameter.



Specification	Value
Item Number	AFTS24125
Bore Size	1.25 in
Impeller Attachment	Keyway
Impeller Diameter	24 in
Impeller Material	304SS
Impeller Type	Axial Flow Turbine
Key Size	0.25 in



Mixer Direct

2600 River Green Circle
Louisville, KY. 40206 USA

Phone: 812-202-4047
Email: sales@mxdirect.com
<https://www.mixerdirect.com>

Fonte: Mixer Direct (2019).

ANEXO E - CENTRÍFUGA

centrisys Centrifugas de alta performance

A solução mais eficiente para espessamento de lodos ativados

Centrifugas Espessadoras Série THK Centrifuga tipo Decanter 2 e 3 fases

Espessamento de lodos utilizando forças centrífugas são processos normais que podem ser aplicados para aumentar a concentração de lodos biológicos para processamentos posteriores. Durante a operação, os lodos são constantemente alimentados na máquina. A parte móvel dispõe de uma rosca helicoidal, que empurra a parte sólida dos lodos para uma extremidade da máquina, enquanto a parte líquida é direcionada para a direção oposta. Uma inovação patenteada da Centrisys, Tecnologia de Assistência Hidráulica, descarrega os lodos espessados de maneira mais eficiente com redução de custos. O nosso processo de espessamento por centrifugação fornece o melhor aproveitamento de área de instalação para redução do volume dos lodos enquanto aumenta a capacidade de gestão.



ESPECIFICAÇÕES

Sob condições normais não há necessidade de polímeros.

Altas capacidades alcançadas com:

- Tecnologia de Assistência Hidráulica patenteada
- Carcaça alongada em rampa cônica aumenta o comprimento de clarificação
- Profundidade de deposição com maior volume
- Técnicas de projeto específicas da Centrisys
- Menor e mais eficiente área de implantação para uma dada vazão comparando-se com outros equipamentos, gerando a maior taxa relativa de vazão por área de implantação.

Sistema completamente fechado garantindo:

- Exposição mínima dos operadores a líquidos ou vapores de processo
- Eliminação de aerossóis e vapores de processo
- Possibilidade de eliminação dos sistemas de exaustão na área de implantação

BENEFÍCIOS

- Expectativa de retorno em cerca de dois anos e meio de operação em função da não utilização de polímeros
- Redução de custos operacionais e de manutenção
- Operação simples e automática necessitando atenção mínima dos operadores
- Redução de 50% de energia comparado com centrifugas desaguadoras normais
- Custos de implantação reduzidos em 35 a 50% (gesta por volume espessado)



Fonte: Centrisys (2019).

ANEXO F - TANQUE PULMÃO (TP01)

1250 Gal, 304SS, Cone Bottom Tank, #2B Finish

Price: \$16,024.99

1250 Gal, 304SS, Cone Bottom Tank, #2B Finish



Specification	Value
Item Number	S4TSC1250
Bottom Head	Cone
Bottom Head Fitting	2" Female NPT Half Coupling
External Material	304SS
External Surface Finish	2B
Leg Length	12 in
Outer Diameter	72 in
Straight Side Height	73 in
Tank Mounting Options	Bolt Down Flanges
Top Head	Open
Total Height	96 in
Total Volume	1296 gal
Volume	1250 gal
Weight	1135 lbs
Wetted Material	304SS
Wetted Surface Finish	2B



Mixer Direct

2600 River Green Circle
Louisville, KY, 40206 USA

Phone: 812-202-4047
Email: sales@mxidprocess.com
<https://www.mixerdirect.com>

Fonte: Mixer Direct (2019).

ANEXO G - IMPELIDOR TANQUE T01

Axial Flow Turbine RBW, 34" Diameter, 1 3/4" Bore

Price: \$1,152

The axial flow turbine is a classic medium shear impeller. Very effective in both low viscosity and high, this impeller allows a mixer to break up agglomeration and impart solids effectively. They will draw more power per volume than the propellers or hydrofoils as motor power is converted to shear energy. This impeller has a reduced blade width (RBW) design to drop the power requirements at the same diameter.



Specification	Value
Item Number	AFTS34175
Bore Size	1.75 in
Impeller Attachment	Keyway
Impeller Diameter	34 in
Impeller Material	304SS
Impeller Type	Axial Flow Turbine
Key Size	0.375 in



Mixer Direct

2600 River Green Circle
Louisville, KY. 40206 USA

Phone: 812-202-4047
Email: sales@mxdirect.com
<https://www.mixerdirect.com>

Fonte: Mixer Direct (2019).

ANEXO H - TANQUE PULMÃO (TP02)

Round type stainless steel water tank specification					
No.	Volume ³	Inside diameter(mm)	Outside diameter(mm)	Tank length((mm)	Total length(mm)
1	9m ³	2130	2250	2500	3100
2	10m ³	2130	2250	2800	3400
3	11m ³	2130	2250	3050	3650
4	12m ³	2130	2250	3300	39600
5	13m ³	2130	2250	3600	4200
6	14m ³	2130	2250	3900	4500
7	15m ³	2130	2250	4200	4800
8	16m ³	2130	2250	4500	5100
9	17m ³	2130	2250	4800	5400
10	18m ³	2130	2250	5000	5600
11	19m ³	2130	2250	5300	5900
12	20m ³	2130	2250	5600	6200

Fonte: Atanis tank (2019).

ANEXO I - EMPACOTADORA (E01 E E02)

DADOS TÉCNICOS	
Modelo	ASBA P 1000
Produção	Capacidade Máxima de 12 sacos por minuto
Capacidade de Peso	Mínimo: 05 kg; Máximo: 60 kg.
Sacaria	Boca Aberta.
Características Pneumáticas	Consumo de ar de 10 ft ³ /min, Pressão de 7 kg/cm ³
Características Elétricas	Corrente alternada e contínua, com atuação Eletromecânica.
Estrutura	Aço Carbono SAE 1020
Pinos Articulaadores	Sintéticos Grafitados (Padrão Sat)
Pintura	Estrutura Fixa: Esmalte Epóxi Branco, Conjunto A-B; Estrutura Móvel: Esmalte Epóxi Amarelo - Munsel 5 Y 8/12 - Conjunto A-B
Características Eletrônicas	Controlado por CLP. Caixa do Comando Eletrônico com botoeira. Por contatos, reles, fusíveis, linha Siemens, composto com sensores indutivo e sensores ópticos linha Sick.
Opcionais	Sistema de Selagem por Ultrassom; Máquina de Costura.

Fonte: Sat Paraná (2019).

ANEXO J - IMPELIDOR TANQUE DE MISTURA (T04)

Axial Flow Turbine RBW, 34" Diameter, 1 3/4" Bore

Price: \$1,152

The axial flow turbine is a classic medium shear impeller. Very effective in both low viscosity and high, this impeller allows a mixer to break up agglomeration and impart solids effectively. They will draw more power per volume than the propellers or hydrofoils as motor power is converted to shear energy. This impeller has a reduced blade width (RBW) design to drop the power requirements at the same diameter.



Specification	Value
Item Number	AFTS34175
Bore Size	1.75 in
Impeller Attachment	Keyway
Impeller Diameter	34 in
Impeller Material	304SS
Impeller Type	Axial Flow Turbine
Key Size	0.375 in



Mixer Direct

2600 River Green Circle
Louisville, KY. 40206 USA

Phone: 812-202-4047
Email: sales@mxdirect.com
<https://www.mixerdirect.com>

Fonte: Mixer Direct (2019).

ANEXO K - IMPELIDOR REATOR (R01)

Radial Flow Turbine, 40" Diameter, 2" Bore

Price: \$1,886

The Radial flow turbine creates a radial flow pattern moving away from the impeller, towards the sides of the vessel. The flow impacts the side and moves in either an upward or downward direction to fill the top and bottom of the impeller and be ejected once more. Some applications benefit greatly from this type of action, namely gas dispersion. Radial flow turbines have a high horsepower draw relative to axial flow turbines and other axial flow impellers.



Specification	Value
Item Number	RFTL40200
Bore Size	2 in
Impeller Attachment	Keyway
Impeller Diameter	40 in
Impeller Material	304SS
Impeller Type	Radial Flow Turbine
Key Size	0.5 in



Mixer Direct

2600 River Green Circle
Louisville, KY. 40206 USA

Phone: 812-202-4047
Email: sales@mxdirect.com
<https://www.mixerdirect.com>

Fonte: Os autores (2019).

ANEXO L - TANQUE PULMÃO (TP05)

1500 Gal, 304SS, Slope Bottom Tank, #2B Finish
Price: \$18,025.61

1500 Gallon, 304SS Grade Steel Slope Bottom Tank, #2B Finish



Specification	Value
Item Number	54TSS1500
Bottom Head	Slope
Bottom Head Fitting	2" Female NPT Half Coupling
External Material	304SS
External Surface Finish	2B
Leg Length	12 in
Outer Diameter	73 in
Straight Side Height	84 in
Tank Mounting Options	Bolt Down Flanges
Top Head	Open
Total Height	88 in
Total Volume	1512 gal
Volume	1500 gal
Weight	1182 lbs
Wetted Material	304SS
Wetted Surface Finish	2B



Mixer Direct

2600 River Green Circle
 Louisville, KY 40226 USA

Phone: 812-262-4047
 Email: sales@mxdprocess.com
<http://www.mxdirect.com>

Fonte: Mixer Direct (2019).

ANEXO M - TANQUE (T06)

1000 Gal, 304SS, Cone Bottom Tank, #2B Finish
Price: \$15,711.69

1000 Gal, 304SS, Cone Bottom Tank, #2B Finish



Specification	Value
Item Number	S4TSC1000
Bottom Head	Cone
Bottom Head Fitting	2" Female NPT Half Coupling
External Material	304SS
External Surface Finish	2B
Leg Length	12 in
Outer Diameter	72 in
Straight Side Height	67 in
Tank Mounting Options	Bolt Down Flanges
Top Head	Open
Total Height	95 in
Total Volume	1091 gal
Volume	1000 gal
Weight	999 lbs
Wetted Material	304SS
Wetted Surface Finish	2B



Mixer Direct

2600 River Green Circle
 Louisville, KY 40206 USA

Phone: 612-202-4047
 Email: sales@msdprocess.com
<http://www.mixerdirect.com>

Fonte: Mixer Direct (2019).

ANEXO N - IMPELIDOR REATOR (R02)

Axial Flow Turbine RBW, 16" Diameter, 3/4" Bore

Price: \$363

The axial flow turbine is a classic medium shear impeller. Very effective in both low viscosity and high, this impeller allows a mixer to break up agglomeration and impart solids effectively. They will draw more power per volume than the propellers or hydrofoils as motor power is converted to shear energy. This impeller has a reduced blade width (RBW) design to drop the power requirements at the same diameter.



Specification	Value
Item Number	AFTS16075
Bore Size	0.75 in
Impeller Attachment	Keyway
Impeller Diameter	16 in
Impeller Material	304SS
Impeller Type	Axial Flow Turbine
Key Size	0.187 in



Mixer Direct

2600 River Green Circle
Louisville, KY. 40206 USA

Phone: 812-202-4047
Email: sales@mxdirect.com
<https://www.mixerdirect.com>

Fonte: Mixer Direct (2019).

ANEXO O - FILTRO (F01)

Modelo	FLOW PRESS 320	FLOW PRESS 400	FLOW PRESS 630	FLOW PRESS 800	FLOW PRESS 1000	FLOW PRESS 1250	FLOW PRESS 1500
Capacidade aproximada de lodo - ETE físico químico (litros/dia-8h)	até 6.000	6.000 a 30.000	30.000 a 110.000	110.000 a 200.000	200.000 a 450.000	450.000 a 650.000	650.000 a 1.000.000
Dimensões das placas (mm)	320 x 320	400 x 400	630 x 630	800 x 800	1.000 x 1.000	1.250 x 1.250	1.500 x 1.500
Quantidade de placas	5, 10, 15, 20 ou 30	10, 15, 20, 25, 30, 40 ou 50	15, 20, 25, 30, 40 ou 50	40, 50, 60, 70 ou 80	50, 60, 70, 80, 90 ou 100	50, 60, 70, 80, 90 ou 100	50, 60, 70, 80, 90 ou 100
Espessura das tortas (mm)	25	30	30	30	30 ou 35	35 ou 40	35 ou 40
Volume de extração de sólidos por ciclo de filtração (litros)	7 a 42	31 a 155	135 a 540	572 a 1.144	1.138 a 2.276	2.040 a 4.079	3.027 a 6.054
Área filtrante (m ²)	0,6 a 3,4	2,0 a 10,2	8,5 a 33,9	37,6 a 75,0	74,2 a 149,0	113,9 a 227,8	170,0 a 340,0
Sistema de fechamento hidráulico (acionamento)	Manual ou semi-automático	Manual ou semi-automático	Manual ou semi-automático	Semi-automático ou automático	Semi-automático ou automático	Semi-automático ou automático	Automático
Sistema de extração de torta (abertura de placas)	Manual	Manual	Manual	Manual ou automática	Manual ou automática	Automática	Automática
Temperatura máxima de trabalho (°C)	80	80	80	80	80	80	80
Pressões de filtração máximas (bar)	10	10	10	12	12	12	12

Fonte: Grabe (2019).

ANEXO P - TANQUE (T07)

2000 Gal, 304SS, Flat Bottom Tank, #2B Finish

Price: \$22,917.44

Open Top 2000 Gallon Tank for Mixers, 304SS, Flat Bottom, #2B Finish



Specification	Value
Item Number	S4TSF2000
Bottom Head	Flat
Bottom Head Fitting	2" Female NPT Half Coupling
External Material	304SS
External Surface Finish	2B
Leg Length	12 in
Outer Diameter	84 in
Straight Side Height	84 in
Tank Mounting Options	Bolt Down Flanges
Top Head	Open
Total Height	88 in
Total Volume	2003 gal
Volume	2000 gal
Weight	1398 lbs
Wetted Material	304SS
Wetted Surface Finish	2B



Mixer Direct

2600 River Green Circle
Louisville, KY, 40206 USA

Phone: 812-202-4047
Email: sales@mxdprocess.com
<https://www.mixerdirect.com>

Fonte: Mixer Direct (2019).

ANEXO Q - TANQUE (T08)

2000 Gal, 304SS, Flat Bottom Tank, #2B Finish

Price: \$22,917.44

Open Top 2000 Gallon Tank for Mixers, 304SS, Flat Bottom, #2B Finish



Specification	Value
Item Number	S4TSF2000
Bottom Head	Flat
Bottom Head Fitting	2" Female NPT Half Coupling
External Material	304SS
External Surface Finish	2B
Leg Length	12 in
Outer Diameter	84 in
Straight Side Height	84 in
Tank Mounting Options	Bolt Down Flanges
Top Head	Open
Total Height	88 in
Total Volume	2003 gal
Volume	2000 gal
Weight	1398 lbs
Wetted Material	304SS
Wetted Surface Finish	2B



Mixer Direct

2600 River Green Circle
Louisville, KY. 40206 USA

Phone: 812-202-4047
Email: sales@mxdirect.com
<https://www.mixedirect.com>

Fonte: Mixer Direct (2019).

ANEXO S - CHILLER



Technical parameters of 130kw Cooling Capacity Air Cooled Water Chiller		
Model		MG-150CS
Nominal cooling capacity	kw	142 (+7 Deg C outlet)
	kcal/h	122120(+7Deg C outlet)
Input power	KW	41.66
Power supply	3PH-415V-50HZ	
Refrigerant	Type	R407c
	Type of control	Thermostatic expansion valve
Compressor	Type	Semi-Hermetic Screw
	Quantity	1
	Power(kw)	48
Condenser	Type	Finned copper tube+low noise outer rotor fan
	Motor power(kw)	1.5*2
	Cooling air flow(m3/h)	50000
Evaporator	type	Shell and tube
	Chilled fluid flow(m3/h)	24
	Dia of pipe	DN80
Dimension	Length(mm)	3200
	Wide(mm)	1450
	High(mm)	2150
Weight	kg	1350

Fonte: Alibaba (2019).

ANEXO T - TANQUE DE ÁGUA QUENTE



Reator de processo

Process Reactor

Aplicado nos setores de Cosméticos, Sementes, Alimentício, Farmacêutico, Veterinário, Agroquímico, entre outros. Utilizado no processo de mistura e homogeneização, garantindo eficiência, rapidez e alta capacidade de produção.

Applied in the sectors of Cosmetics, Seeds, Food, Pharmacist, Veterinarian, Agrochemicals, among others. Used in the process of mixing and homogenization, ensuring efficiency, speed and high production capacity.

Características

- Capacidade de acordo com a necessidade do cliente.
- Fabricado em Aço Inoxidável

Features

- Capacity according to customer's needs.
- Made of Stainless Steel



Sistema de emulsão e dispersão
Emulsion and dispersion system.



Boca de visita, dimensionada de acordo com a capacidade do equipamento
Visit's mouth, dimensioned according to the equipment's capacity.

FENOX
PRYMAXX

Fonte: Fenox (2019).

ANEXO U - COMPRESSOR


CHIAPERINI

60 PÉS 360 LITROS
Características Técnicas:

	Deslocamento teórico	1700 l/min - 60 pcm
	Pressão máxima	175 psi - 12 bar
	Reservatório	360L
	Tempo enchimento	6'
	Nº de cilindros	5
	Nº de estágios	2
	RPM do bloco	720
	Motor elétrico	15 hp - 11.2 kW - 4P
	c/embalagem (mm)	1840x760x1680
	Óleo Lubrif. Volume	5.000 ml
	Peso do cabeçote	159 kg
	Peso c/ embal c/m	428 kg
	B Polia	220 mm
	Diâmetro do volante	549 mm
	Correia	897

Apresentação:

Compressor de 2 estágios e alta pressão (175lb/psi²) com rolamento cônico dando melhor ajuste no eixo do virabrequim, design robusto e alta eficiência. São indicados para atividades de alta exigência em empresas de grande porte como fábricas, usinas, oficinas mecânicas e também em fazendas e muito mais!

Descrição:
Acompanha o Compressor:

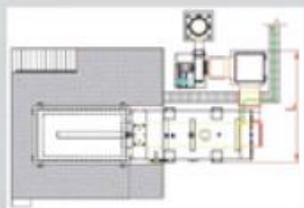
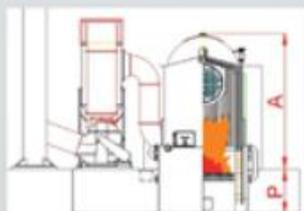
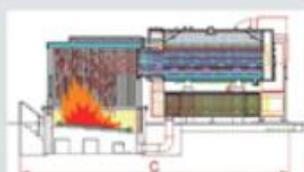
- Bloco compressor em ferro fundido com sistema de trabalho em W.
- Reservatório horizontal
- Transmissão por correia
- Sistema de proteção dupla nas partes girantes do compressor
- Motor trifásico

- Válvula de retenção
- Dreno (válvula purgadora)
- Pressostato
- Manômetro
- Válvula de segurança
- 3 Filtros de ar
- Válvulas concêntricas

- Aliviador centrífugo
- Prontuário de vaso de pressão
- Ficha de manutenção e troca de óleo
- Rede nacional de Assistência Técnica
- Manual de instruções
- Certificado de garantia

Fonte: Chiaperini (2019).

ANEXO V - CALDEIRA

Caldeiras para Vapor a Lenha
Série HL

Projetadas para queima de lenha em toras, com grelhas refrigeradas e fixas;
Alimentação de lenha manual ou automática;
Projeto norma ASME e NR13;

Acessórios: pré-aquecedor de ar, multiciclone, descarga de fundo automática, controle automático de tiragem, sistema de nível contínuo, medidor de vazão de vapor, alimentador de lenha, tanque de condensado, tanque de purga.

Tamanho HL	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Produção de Vapor (kg/h)	3.000	4.000	5.000	6.500	8.000	10.000	12.000	15.000	20.000	25.000	30.000
Consumo de lenha (m ³ /h)	1,44	1,92	2,40	3,12	3,84	4,79	5,75	7,19	9,59	11,98	14,38
Comprimento (C) (mm)	8.500	10.000	11.000	11.200	13.500	14.000	14.500	15.500	15.800	17.000	19.500
Largura (L) (mm)	3.900	4.000	4.800	5.700	5.800	6.500	7.000	7.400	7.800	8.000	9.000
Altura (A) (mm)	3.600	3.600	3.800	3.900	4.200	4.800	5.700	5.800	6.000	6.400	7.000
Profundidade (P) (mm)	1.900	2.000	2.000	2.100	2.100	2.200	2.300	2.500	2.700	2.800	3.000
Saída de vapor	3"	4"	4"	5"	5"	6"	6"	8"	8"	10"	10"

* Temperatura da água de 80 °C

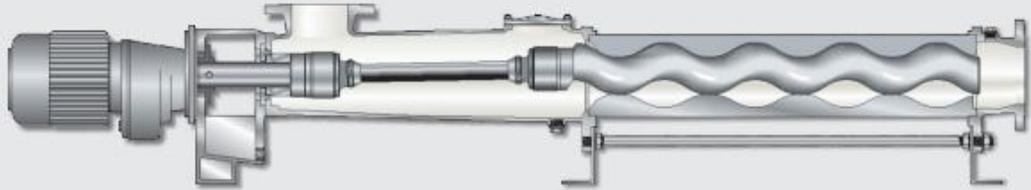
* Pressão de 10 kg/cm²

* Poder Calorífico da lenha de 2.900 kcal/kg - Peso específico 500 kg/m³

Fonte: Weco (2019).

ANEXO X - BOMBAS ROTATIVAS

NEMO® BY



Características Típicas

- Fluxo contínuo sem pulsação;
- Alto rendimento, mesmo em baixas velocidades;
- Precisão no controle do fluxo (dosagem);
- Não necessita de válvulas;
- Flexibilidade de montagem;
- Baixo valor do NSPH requerido.

Materiais de Construção

- Ferro Fundido, Aço inox 304 ou 316, Aço Carbono e outros;
- Estator em diferentes componentes de borracha resistente a abrasão, ao ataque químico ou a altas temperaturas. Opcional em ferro fundido ou PTFE.

Vedação do Eixo

Possui como padrão a vedação através de selo mecânico de simples efeito, opcional duplo efeito.

Articulação

Tipo pino com vedação SM ou tipo Junta Universal.

Dados Técnicos

Vazão máx.: Até 80m³/h;
 Pressão máx.: Até 12 bar;
 Sucção: até 8,5 m.c.a.;
 Temperaturas: de -20°C até 180°C

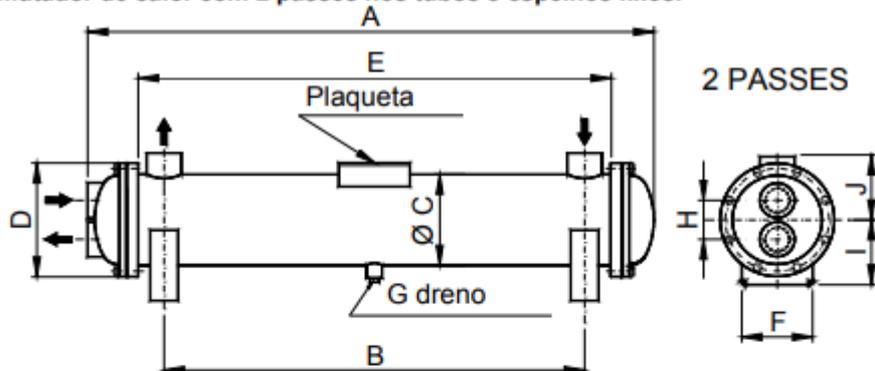
Modelos	Motor Elétrico	Dimensões Básicas																				ANSI Flanges							
		a ₁	a ₂	a ₄	b	b ₁	c	c ₁	e	e ₁	f	f ₁	h ₁	h ₂	h ₃	k	k ₁	m	m ₁	o	s	s ₁	s ₂	①	P ₁	q ₁	r ₁	s ₃	z ₁
NM015-BY	1,0 CV	41	411	-	95	50	8	5	28	15	125	80	100	160	173	471	860	55	40	328	12	9	NPT 1/2"	Rosca Interna NPT 1.1/4"					
NM021-BY	1,0 CV	41	487	-	95	50	8	5	28	15	125	80	100	160	173	547	936	55	40	404	12	9	NPT 1/2"	Rosca Interna NPT 1.1/4"					
NM031-BY	2,0 CV	77	637	-	115	69	10	5	27	20	150	100	112	222	207	749	1174	60	50	540	12	11	NPT 3/4"	2"	15,7	152,4	120,6	19	4
NM038-BY	3,0 CV	85	950	-	115	95	10	6	35	20	150	130	132	262	359	1062	1548	60	55	838	14	11	NPT 3/4"	3"	19,1	190,5	152,4	19	4
																								2,5"	17,5	177,8	139,7	19	4
NM045-BY	3,0 CV	84	1081	-	115	115	10	6	42	20	150	150	160	310	387	1195	1681	70	55	971	14	11	NPT 3/4"	3"	19,1	190,5	152,4	19	4
NM053-BY	7,5 CV	89	1303	-	115	125	10	6	50	25	150	160	170	335	440	1414	1952	70	60	1159	14	13,5	NPT 3/4"	4"	23,9	228,6	190,5	19	8
																								3"	19,1	190,5	152,4	19	4
NM063-BY	7,5 CV	119	1524	-	125	145	12	6	60	25	175	180	200	400	470	1665	2203	100	70	1365	18	13,5	NPT 1"	6"	25,4	279,4	241,3	22,2	8
																								4"	23,9	228,6	190,5	19	8
NM076-BY	20 CV	129	1709	-	125	195	15	6	90	25	175	230	225	435	563	1883	2585	120	70	1558	18	13,5	NPT 1"	6"	25,4	279,4	241,3	22,2	8
NM090-BY	30 CV	122	1995	-	160	200	18	8	95	25	210	250	250	470	662	2167	3007	143	80	1837	18	17,5	NPT 1"	6"	25,4	279,4	241,3	22,2	8

Fonte: NETZSCH (2019).

ANEXO Y - TROCADORES DE CALOR

DADOS DIMENSIONAIS STANDARD – MODELO BEM

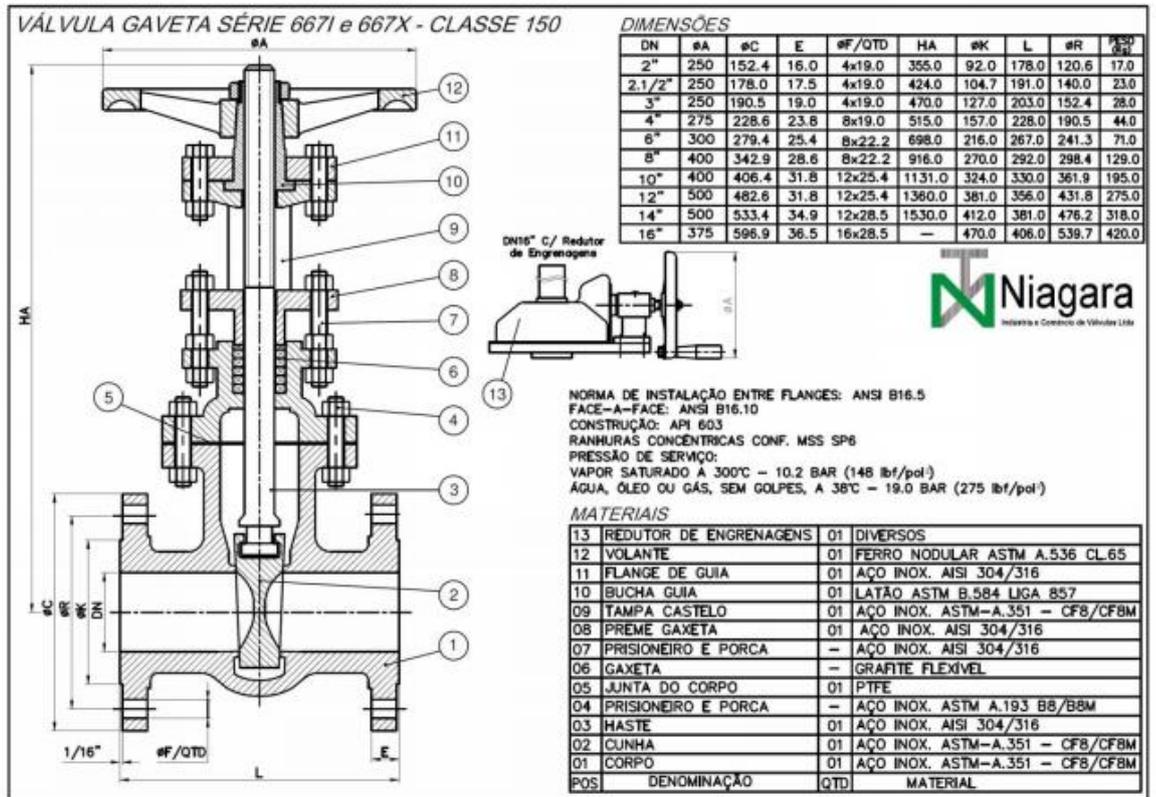
Permutador de calor com 2 passes nos tubos e espelhos fixos.



Modelo BEM	Área de troca m ²	CHICANAS	N.º de Tubos / Ø	Dimensões em milímetros										Conexões		Vazão de óleo		Vazão de água 2 passes (lit)	
				A	B	C Ø	D	E	F	G drenó	H	I	J	Corpo	Tampa 3P	Min.	Max.	Min.	Max.
4-600	0,36	S	30 / 3/8"	520	350	114,3	160	410	90	55	1/2" NPT	95	80	1"	3/4"	1000	2300	3200	7820
4-600	0,45	S	30 / 3/8"	620	450	114,3	160	510	90	55	1/2" NPT	95	80	1"	3/4"	1000	2600	3200	7820
4-750	0,59	9	30 / 3/8"	780	600	114,3	160	660	90	55	1/2" NPT	95	80	1"	3/4"	1400	3400	3200	7820
4-1000	0,79	9	30 / 3/8"	1000	820	114,3	160	880	90	55	1/2" NPT	95	80	1"	3/4"	1600	3800	3200	7820
4-1000	1,43	9	30 / 3/8"	1000	1630	114,3	160	1090	90	55	1/2" NPT	95	80	1"	3/4"	1600	3800	3200	7820
5-600	0,90	S	76 / 3/8"	580	315	140	185	400	120	75	1/2" NPT	125	90	1.1/2"	1.1/2"	2000	4900	5500	13600
5-600	1,13	S	76 / 3/8"	680	420	140	185	510	120	75	1/2" NPT	125	90	1.1/2"	1.1/2"	2200	5300	5500	13600
5-750	1,26	S	76 / 3/8"	780	520	140	185	610	120	75	1/2" NPT	125	90	1.1/2"	1.1/2"	2400	5600	5500	13600
5-1000	1,81	S	76 / 3/8"	1000	757	140	185	860	120	75	1/2" NPT	125	90	1.1/2"	1.1/2"	2500	6000	5500	13600
5-1250	2,49	S	76 / 3/8"	1250	1020	140	185	1110	120	75	1/2" NPT	125	90	1.1/2"	1.1/2"	2700	6200	5500	13600
5-1500	2,94	9	76 / 3/8"	1500	1270	140	185	1360	120	75	1/2" NPT	125	90	1.1/2"	1.1/2"	3200	7300	5500	13600
5-1750	3,62	9	76 / 3/8"	1750	1532	140	185	1610	120	75	1/2" NPT	125	90	1.1/2"	1.1/2"	3700	8600	5500	13600
6-750	1,57	S	110 / 3/8"	770	520	165	210	600	140	75	3/8" NPT	140	105	1.1/2"	1.1/2"	2700	6000	7820	19800
6-1000	2,62	S	110 / 3/8"	1000	780	165	210	820	140	75	3/8" NPT	140	105	1.1/2"	1.1/2"	3200	7000	7820	19800
6-1250	3,60	S	110 / 3/8"	1275	1000	165	210	1110	140	75	3/8" NPT	140	105	1.1/2"	1.1/2"	3200	7100	7820	19800
6-1500	4,26	9	110 / 3/8"	1525	1250	165	210	1360	140	75	3/8" NPT	140	105	1.1/2"	1.1/2"	3300	7300	7820	19800
6-1750	5,24	9	110 / 3/8"	1775	1500	165	210	1610	140	75	3/8" NPT	140	105	1.1/2"	1.1/2"	3700	8800	7820	19800
6-2000	5,90	9	110 / 3/8"	2025	1750	165	210	1860	140	75	3/8" NPT	140	105	1.1/2"	1.1/2"	4300	10100	7820	19800
8-750	4,31	S	230 / 3/8"	825	540	210	310	620	200	110	3/8" NPT	200	155	2"	2"	3000	9870	12640	32840
8-1000	5,48	S	230 / 3/8"	1083	790	210	310	880	200	110	3/8" NPT	200	155	2"	2"	3600	10730	12640	32840
8-1250	7,74	S	230 / 3/8"	1385	1040	210	310	1130	200	110	3/8" NPT	200	155	2"	2"	3800	11270	12640	32840
8-1500	8,91	9	230 / 3/8"	1585	1290	210	310	1380	200	110	3/8" NPT	200	155	2"	2"	4000	11590	12640	32840
8-1750	10,97	9	230 / 3/8"	1835	1540	210	310	1630	200	110	3/8" NPT	200	155	2"	2"	4900	13600	12640	32840
8-2000	12,88	9	230 / 3/8"	2065	1790	210	310	1880	200	110	3/8" NPT	200	166	2"	2"	5600	16100	12640	32840

Fonte: TroCalor (2007).

ANEXO Z - VÁLVULA GAVETA



Fonte: Niagara (2019).

ANEXO AA - ESPAÇAMENTO ENTRE APOIOS GUIAS EM TUBULAÇÕES DE VAPOR

TABELA 9.4 Espaçamento entre apoios guias em tubulações de vapor

Diâmetro do tubo		L_1 (m)	L_2 (m)	
pol.	mm		Até 10,6 bar	Até 21,2 bar
2	50,8	0,20	3,0	2,1
2 1/2	63,5	0,25	4,6	3,0
3	76,2	0,30	6,1	4,5
4	101,6	0,41	9,1	6,1
5	127,0	0,51	9,1	7,6
6	152,4	0,61	10,7	7,6
8	203,2	0,81	13,7	10,7
10	254,0	1,02	18,3	13,7

Fonte: Macintyre (2010)

ANEXO AB - ESPESSURA DO ISOLAMENTO

Diâmetro Nominal		Temperatura de Operação(°C)									
MM	POL <=	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
12	1/2	1	1	1.5	1.5	1.5	2	2	2.5	3	3.5
19	3/4	1	1.5	1.5	1.5	2	2	2	2.5	3	3.5
25	1	1	1.5	1.5	1.5	2	2	2.5	3	3.5	4
38	1.1/2	1	1.5	1.5	2	2	2	2.5	3	3.5	4
50	2	1	1.5	1.5	2	2	2.5	2.5	3.5	4	4.5
63	2.1/2	1	1.5	1.5	2	2	2.5	2.5	3.5	4	4.5
75	3	1	1.5	1.5	2	2.5	2.5	3	3.5	4	4.5
100	4	1	1.5	1.5	2	2.5	3	3	4	4.5	5
150	6	1.5	1.5	2	2.5	2.5	3	3.5	4	5	5.5
200	8	1.5	1.5	2	2.5	2.5	3	3.5	4	5	6
250	10	1.5	1.5	2	2.5	2.5	3	3.5	4.5	5.5	6
300	12	1.5	1.5	2	2.5	2.5	3	4	4.5	5.5	6.5
350	14	1.5	2	2	2.5	3	3.5	4	5	5.5	6.5
400	16	1.5	2	2	2.5	3	3.5	4	5	5.5	6.5
450	18	1.5	2	2	2.5	3	3.5	4	5	6	7
500	20	1.5	2	2	2.5	3	3.5	4	5	6	7
550	22	1.5	2	2	2.5	3	3.5	4	5	6	7
600	24	1.5	2	2	2.5	3	3.5	4	5	6	7
650	26	1.5	2	2	2.5	3	3.5	4	5	6	7
700	28	1.5	2	2	2.5	3	3.5	4	5	6	7
750	30	1.5	2	2	2.5	3	3.5	4	5	6	7.5
800	32	1.5	2	2	2.5	3	3.5	4	5	6	7.5
850	34	1.5	2	2	2.5	3	3.5	4	5	6	7.5
900	36	1.5	2	2	2.5	3	3.5	4	5	6.5	7.5
PLANO	-	1.5	2	2	3	3.5	4	4.5	6	7	9

Fonte: Calorisol (2019).

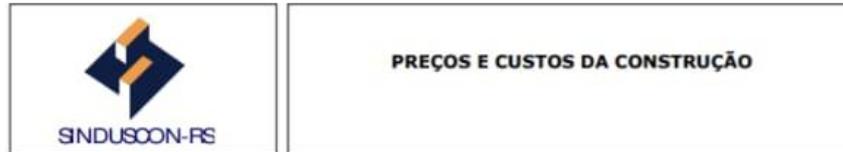
ANEXO AC - ESPAÇAMENTO MÁXIMO ENTRE APOIOS PARA TUBOS DE AÇO-CARBONO A-53

TABELA 9.5 Espaçamento máximo entre apoios para tubo de aço-carbono A-53.

Diâmetros (pol.)	1	1 1/2	2	2 1/2	3	4	5	6	8	10	12	14
Espaçamento (m)	2,1	2,7	3,0	3,3	3,6	4,2	4,8	5,1	6,7	6,7	7,0	7,6

Fonte: Macintyre (2010)

ANEXO AD - CUB LANÇADO



CUB/RS do mês de OUTUBRO/2019 - NBR 12.721- Versão 2006

PROJETOS	Padrão de acabamento	Código	Custo R\$/m ²	Variação %		
				Mensal	Anual	12 meses
RESIDENCIAIS						
R - 1 (Residência Unifamiliar)	Baixo	R 1-B	1.484,66	0,08	2,61	3,09
	Normal	R 1-N	1.883,85	0,06	3,25	3,84
	Alto	R 1-A	2.371,18	0,17	3,55	4,18
PP (Prédio Popular)	Baixo	PP 4-B	1.369,39	0,22	3,53	4,15
	Normal	PP 4-N	1.810,64	0,08	3,22	3,88
R - 8 (Residência Multifamiliar)	Baixo	R 8-B	1.300,62	0,21	3,34	4,05
	Normal	R 8-N	1.568,38	0,12	3,51	4,25
	Alto	R 8-A	1.921,97	0,16	3,42	4,14
R - 16 (Residência Multifamiliar)	Normal	R 16-N	1.525,92	0,13	3,63	4,32
	Alto	R 16-A	1.972,98	0,09	3,41	4,26
PIS (Projeto de Interesse Social)		PIS	1.070,70	0,25	3,77	4,48
RPQ1 (Residência Popular)		RP1Q	1.578,88	0,16	4,22	4,85
COMERCIAIS						
CAL- 8 (Comercial Andar Livres)	Normal	CAL 8-N	1.874,17	0,12	3,43	4,23
	Alto	CAL 8-A	2.067,79	0,13	3,50	4,26
CSL- 8 (Comercial Salas e Lojas)	Normal	CSL 8-N	1.552,20	0,08	3,16	3,99
	Alto	CSL 8-A	1.782,47	0,12	3,34	4,10
CSL- 16 (Comercial Salas e Lojas)	Normal	CSL 16-N	2.078,44	0,09	3,31	4,16
	Alto	CSL 16-A	2.382,05	0,13	3,46	4,26
GI (Galpão Industrial)		GI	817,96	0,10	2,51	3,47

Fonte: DEE - SincusconRS

Tendo em vista a publicação da NBR 12.721/2006, os Custos Unitários Básicos por m² de construção passaram, a partir de fevereiro/2007, a ser calculados de acordo com os novos projetos-padrão e, em consequência, de novos lotes de insumos. Essa atualização invalida, portanto, a comparação direta dos Custos Unitários obtidos a partir da NBR 12.721/2006 com aqueles obtidos com base na NBR vigente até janeiro/2007 (NBR12.721/1999).

Na formação destes custos unitários básicos não foram considerados os seguintes itens, que devem ser levados em conta na determinação dos preços por metro quadrado de construção, de acordo com o estabelecido no projeto e especificações correspondentes a cada caso particular: fundações, subterramentos, paredes-diafragma, tirantes, rebatimento de lençol freático; elevador(es); equipamentos e instalações, tais como: fogões, aquecedores, bombas de recalque, incineração, ar-condicionado, calefação, ventilação e exaustão, outros; playground (quando não classificado como área construída); obras e serviços complementares; urbanização, recreação (placinas, campos de esporte), ajardinamento, instalação e regulamentação do condomínio; e outros serviços (que devem ser discriminados no Anexo A - quadro II); impostos, taxas e emolumentos cartoriais; projetos: projetos arquitetônicos, projeto estrutural, projeto de instalação, projetos especiais; remuneração do construtor; remuneração do incorporador.

Indicadores Econômicos

Mês	IGP-M				INCC-M				IGP-DI (Col. 2)				INCC (Col. 35)			
	Nº índice	Mês	Ano	12 meses	Nº índice	Mês	Ano	12 meses	Nº índice	Mês	Ano	12 meses	Nº índice	Mês	Ano	12 meses
NOV/18	715,166	-0,49	8,71	9,68	743,755	0,26	3,83	3,98	700,601	-1,14	7,58	8,38	744,865	0,13	3,70	3,78
DEZ/18	707,441	-1,08	7,54	7,54	744,699	0,13	3,97	3,97	697,446	-0,45	7,10	7,10	745,856	0,13	3,84	3,84
JAN/19	707,488	0,01	0,01	6,74	747,656	0,40	0,40	4,09	697,923	0,07	0,07	6,56	749,517	0,49	0,49	4,03
FEV/19	713,747	0,88	0,89	7,60	749,111	0,19	0,59	4,14	706,660	1,25	1,32	7,73	750,180	0,09	0,58	3,99
MAR/19	722,707	1,26	2,16	8,22	750,558	0,19	0,79	4,11	714,243	1,07	2,41	8,27	752,524	0,31	0,89	4,06
ABR/19	729,346	0,92	3,10	8,64	754,203	0,49	1,28	4,32	720,695	0,90	3,33	8,25	755,373	0,38	1,28	4,15
MIO/19	732,595	0,45	3,56	7,64	754,859	0,09	1,36	4,09	723,577	0,40	3,75	6,93	755,625	0,03	1,31	3,95
JUN/19	738,421	0,80	4,38	6,51	758,177	0,44	1,81	3,76	728,142	0,63	4,40	6,04	762,304	0,88	2,21	3,86
JUL/19	741,345	0,40	4,79	6,33	763,033	0,61	2,73	3,95	728,084	-0,01	4,39	5,52	766,559	0,56	2,79	3,82
AGO/19	736,402	-0,67	4,09	4,95	767,682	0,54	3,09	4,00	734,395	-0,51	3,86	4,32	769,951	0,42	3,23	4,11
SET/19	736,362	-0,01	4,09	3,37	772,310	0,60	3,71	4,45	728,040	0,50	4,39	3,00	773,520	0,46	3,71	4,35
OUT/19	741,333	0,68	4,79	3,15	773,273	0,12	3,84	4,23								

Fonte: FGV - Fundação Getúlio Vargas

Fonte: SINDUSCON-RS (2019).

ANEXO AE - CUSTOS COM TERRAPLANAGEM

COMPOSIÇÃO DE PREÇO UNITÁRIO							
CÓDIGO:	01.000.00	SERVIÇO:	DESMATAMENTO, DESTOCAMENTO, LIMPEZA ÁREA C/ ÁRVORES DE Ø ATÉ 0,15M			UNIDADE:	m²
EQUIPAMENTOS		QUANT.	UTILIZAÇÃO		CUSTO OPERACIONAL		CUSTO HORÁRIO
			PROD.	IMPROD.	PROD.	IMPROD.	
E.0.03	TRATOR DE ESTEIRAS C/ LÂMINA CAT-D8R	1,00	1,00	-	348,92	16,74	348,92
CUSTO HORÁRIO DE EQUIPAMENTOS - TOTAL							348,92
MÃO-DE-OBRA SUPLEMENTAR			K ou R	QUANT.	SALÁRIO BASE	CUSTO HORÁRIO	
F.5.01	ENCARREGADO DE TURMA		1,00	0,50	17,70	8,85	
F.7.01	SERVENTE		1,00	2,00	9,09	18,18	
FERRAMENTAS MANUAIS					15,51%	27,03	4,19
CUSTO HORÁRIO DE MÃO-DE-OBRA - TOTAL							31,22
PRODUÇÃO DA EQUIPE		1.444,00 m²/h	CUSTO HORÁRIO TOTAL				380,14
			CUSTO UNITÁRIO DE EXECUÇÃO				0,26
MATERIAIS			UNIDADE	CUSTO UNITÁRIO	CONSUMO	CUSTO TOTAL	
CUSTO DE MATERIAIS - TOTAL							-
EQUIPAMENTO DE TRANSPORTE		TIPO	PISO	MATERIAL	CUSTO (tkm)	DT (km)	CONSUMO
							CUSTO TOTAL
CUSTO DE TRANSPORTE - TOTAL							-
CUSTO UNITÁRIO DIRETO - TOTAL							0,26
BONIFICAÇÃO - BDI: 27,84%							0,07
PREÇO UNITÁRIO TOTAL							0,33

OBSERVAÇÕES:

RODOVIA: BR-364/RO TRECHO: Entr. BR-174(A) (Div. MT/RO) - Div. RO/AC SUBTRECHO: MARCO RONDON - ENTR. RO-387/(B) SEGMENTO: km 196,2 ao km 200,0 PNV: 364BRO1110 - 364BRO1120	EXTENSÃO: 3,8 km	DATA BASE: MARÇO/2009
---	------------------	-----------------------

Fonte: DNIT (2009).

ANEXO AF - ENCARGOS SOCIAIS E TRABALHISTAS

Encargos Sociais e Trabalhistas	(%)	(%)
Encargos Trabalhistas		
13º Salário		8,33 %
Férias		11,11 %
Encargos Sociais		
INSS	20,00 %	
SAT/RAT até	3,00 %	
Salário Educação	2,50 %	
INCRA/SEST/SEBRAE/SENAT	3,30 %	
FGTS	8,00 %	
FGTS/Provisão de Multa para Rescisão	4,00 %	
Total Previdenciário		40,80 %
Previdenciário s/13º e Férias		7,93 %
SOMA BÁSICO		68,17 %

Fonte: Zanluca (2019).

ANEXO AG - TAXAS DE DEPRECIAÇÃO

BENS	VIDA ÚTIL	VALOR RESIDUAL
MAQUINAS , MOTORES E APARELHOS	10	10%
OUTROS EQUIPAMENTOS	10	10%
MOBILIARIO EM GERAL E ARTIGOS P/ DECORACAO	10	10%
MAT.BIBLIOG.DISCOT.FILMOTECAS OBJ HISTÓRICOS.OB.ARTE.P. MUSEUS	10	0%
FERRAMENTAS E UTENSILIOS DE OFICINAS	10	10%
MAT.ART.E INSTR.MUSICAL,INSIG.FLAM.BANDEIRAS.ARTIGO PARA ESPORTE E JOGOS	10	10%
MAT.P/ESCRITÓRIO.BIBLIOTECA.ENSINO.LABORATÓRIO.GAB.TE CNICO.OU CIENTIFICO	10	10%
UTENSILIOS DE COPA,COZINHA,DORMIT.ENFERMARIA	10	10%
MAT.PERMANENT.DE ACAMP.DE CAMPANHA PARAQUEDISMO.ARMAMENTOS	20	10%
VEICULOS DE TRACAO PESSOAL E ANIMAL	15	10%
ANIMAIS P/TRABALHO,PRODUCAO E REPRODUCAO	10	10%
EQUIPAMENTOS PARA PROCESSAMENTO DE DADOS	5	10%
EQUIP. UTENSILIOS HOSP.P/USO HOSPITAL.LABORAT.	15	20%
EQUIP. E APARELHOS DE SOM,IMAGENS TELECOMUNIC.	10	20%
MOVEIS E MATERIAL ESCOLAR E DIDATICO	10	10%
MAT. DESTINADO AO ACONDIC. P/TRANSPORTE.OBJET VALORES	10	10%
TRATORES E EQUIPAM. RODOVIARIOS E AGRICOLAS	10	10%
AUTOMOVEIS, CAMINHOS,E OUTROS VEIC.DE TRAÇÃO	15	10%
AERONAVES*	-	-
EMBARCAÇÕES*	-	-

Fonte: Receita Federal (2019).

ANEXO AH - PORCENTAGENS DE SUBMERSÃO**TABELA VI-4 — Percentagens de submersão (Segundo a Ingersoll-Rand Co., E.U.A.)**

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 AI - VALORES DE C EM FUNÇÃO DA PORCENTAGEM DE SUBMERSÃO

TABELA VI-5 — Valores de C em função da porcentagem de submersão (Segundo a Ingersoll-Rand Co., E.U.A.).

Porcentagem de submersão	C	
	Tubo de ar externo	Tubo de ar interno
75	14,92	13,45
70	14,59	13,12
65	14,18	12,47
60	13,65	11,62
55	12,96	10,68
50	12,06	9,70
45	11,09	8,72
40	10,03	7,54
35	8,80	6,60

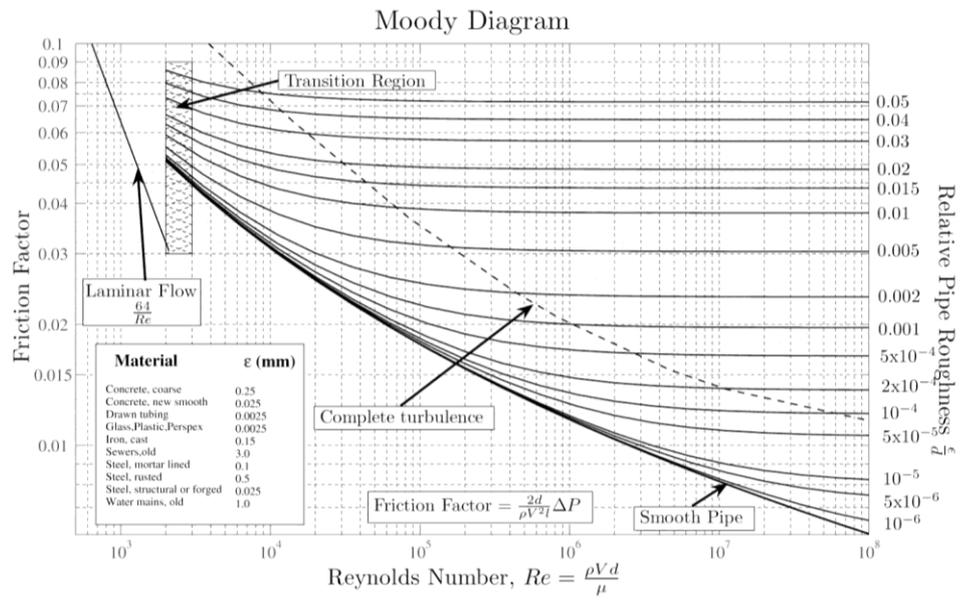
Fonte: Yassuda (1965)

ANEXO AJ - COMPRIMENTO DAS JUNTAS DE DILATAÇÃO

Diâmetro nominal		Comprimento total L em mm para absorver dilatações de mm							Diâmetro nominal		Comprimento total L ₁ em mm para absorver dilatações de mm						
Polegadas	mm	25	38	50	63	75	89	100	Polegadas	mm	25	38	50	63	75	89	100
1/2"	13	185	235	380	430	485	535	585	1/2"	13	175	225	370	420	475	525	575
3/4"	19	190	240	385	435	490	540	590	3/4"	19	180	230	375	425	480	530	580
1"	25	200	250	395	445	500	550	600	1"	25	185	235	380	430	485	535	585
1 1/4"	32	205	255	400	450	505	555	605	1 1/4"	32	190	240	385	435	490	540	590
1 1/2"	38	210	260	405	455	510	560	610	1 1/2"	38	195	245	390	440	495	545	595
2"	50	220	270	410	460	515	565	615	2"	50	205	255	395	445	500	555	600
2 1/2"	63	230	285	415	470	520	575	625	2 1/2"	63	215	270	400	455	505	560	610
3"	75	235	285	415	470	525	575	625	3"	75	215	270	400	455	510	560	610
4"	100	250	305	435	495	550	605	655	4"	100	230	285	415	475	530	585	635
5"	125	280	340	460	520	580	635	695	5"	125	255	315	435	500	555	610	670
6"	150	285	350	475	535	600	660	720	6"	150	265	325	450	515	575	635	695
8"	200	310	365	485	550	615	670	735	8"	200	285	340	465	525	590	650	710
10"	250	320	380	495	560	620	685	745	10"	250	295	360	470	535	600	660	720
12"	300	340	405	510	570	640	705	770	12"	300	315	380	490	550	615	680	745
14"	350	370	425	525	590	660	720	790	14"	350	345	400	505	565	640	695	770
16"	400	375	435	535	595	665	730	805	16"	400	350	410	510	570	645	705	780
18"	450	385	450	545	595	670	735	815	18"	450	360	425	520	570	650	715	795
20"	500	400	470	565	610	700	770	855	20"	500	375	445	540	590	675	745	830

Fonte: Macintyre (2010)

ANEXO AK - DIAGRAMA DE MOODY



Fonte: Cremasco (2012).