

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ – UTFPR
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA – APUCARANA

ANA CAROLINA SZOLOMICKI LORENÇÃO
DANILO HENRIQUE ALVES DE SOUZA
FERNANDA DOS SANTOS AGUILERI LEITE
THUANY NASCIMENTO DOMINGUES
WELINGTON PINTOR MENOTTI

DESTILARIA DE BEBIDAS *AQUA VITAE*
Melhores bebidas para os melhores momentos!

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

APUCARANA, PR

2021

**ANA CAROLINA SZOLOMICKI LORENÇÃO
DANILO HENRIQUE ALVES DE SOUZA
FERNANDA DOS SANTOS AGUILERI LEITE
THUANY NASCIMENTO DOMINGUES
WELINGTON PINTOR MENOTTI**

**DESTILARIA DE BEBIDAS AQUA VITAE
MELHORES BEBIDAS PARA OS MELHORES MOMENTOS!**

***Aqua Vitae beverage distillery*
Better drinks for the best moments!**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientadora: Profa. Dra. Fernanda Lini Seixas.
Coorientador: Prof. Dr. Fernando Alves Silva.

APUCARANA, PR

2021



Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

TERMO DE APROVAÇÃO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - TCC

DESTILARIA DE BEBIDAS AQUA VITAE

Por

Ana Carolina Szolomicki Lorenção

Danilo Henrique Alves De Souza

Fernanda Dos Santos Aguilieri Leite

Thuany Nascimento Domingues

Wellington Pintor Menotti

Monografia apresentada às 17 horas 00 min. do dia 26 de agosto de 2021 como requisito parcial, para conclusão do Curso de Engenharia Química da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Apucarana. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação e conferidas, bem como achadas conforme, as alterações indicadas pela Banca Examinadora, o trabalho de conclusão de curso foi considerado APROVADO.

Banca examinadora:

Profa. Dra. Maria Carolina Sérgi Gomes, D.Sc. Universidade Tecnológica Federal do Paraná	Membro
Profa. Dra. Rubiane Ganascim Marques, D.Sc. Universidade Tecnológica Federal do Paraná	Membro
Profa. Dra. Fernanda Lini Seixas, D.Sc. Universidade Tecnológica Federal do Paraná	Orientadora
Prof. Fernando Alves Silva, D.Sc. Universidade Tecnológica Federal do Paraná	Coorientador
Profa. Dra. Maráisa Lopes de Menezes, D.Sc. Universidade Tecnológica Federal do Paraná	Professora responsável TCCII



Documento assinado eletronicamente por (Document electronically signed by) **FERNANDA LINI SEIXAS, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em (at) 31/08/2021, às 16:18, conforme horário oficial de Brasília (according to official Brasilia-Brazil time), com fundamento no (with legal based on) art. 4º, § 3º, do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por (Document electronically signed by) **FERNANDO ALVES DA SILVA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em (at) 31/08/2021, às 18:43, conforme horário oficial de Brasília (according to official Brasilia-Brazil time), com fundamento no (with legal based on) art. 4º, § 3º, do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por (Document electronically signed by) **MARIA CAROLINA SERGI GOMES, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em (at) 31/08/2021, às 19:16, conforme horário oficial de Brasília (according to official Brasilia-Brazil time), com fundamento no (with legal based on) art. 4º, § 3º, do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por (Document electronically signed by) **RUBIANE GANASCIM MARQUES, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em (at) 01/09/2021, às 08:31, conforme horário oficial de Brasília (according to official Brasilia-Brazil time), com fundamento no (with legal based on) art. 4º, § 3º, do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por (Document electronically signed by) **MARAISA LOPES DE MENEZES, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em (at) 01/09/2021, às 08:46, conforme horário oficial de Brasília (according to official Brasilia-Brazil time), com fundamento no (with legal based on) art. 4º, § 3º, do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site (The authenticity of this document can be checked on the website) https://sei.utfpr.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador (informing the verification code) **2228611** e o código CRC (and the CRC code) **51B37E9C**.

RESUMO

Os primeiros destilados alcoólicos feitos a partir do mosto fermentado de insumos agrícolas eram comercializados como produtos terapêuticos e medicinais. Atualmente, destilados como a cachaça, a *Vodka* e o *Gin* são conhecidos e consumidos mundialmente por suas relevâncias históricas, econômicas e culturais. O comércio brasileiro desse tipo de bebidas apresentou, nos últimos anos, um crescimento gradual devido à emergência de uma nova classe de consumidores deste segmento de mercado. Sendo assim, o presente trabalho propõe o desenvolvimento do projeto de uma indústria de médio porte para a produção de destilados alcoólicos, denominada *Aqua Vitae*, que será instalada no município de Cambará – PR, a fim de aproveitar as janelas de oportunidades geradas pelos novos hábitos de consumo e pela procura de uma linha de bebidas de alta qualidade, os quais prezam pela tradição, aromas, sabores personalizados e únicos. O projeto da indústria ocupará uma área planejada de 2 alqueires paulistas, com o propósito de comercializar anualmente 6,5 milhões de litros de bebidas destiladas, apostando em inovação, qualidade e pureza, produzindo cachaça prata e ouro, *Vodka* e *Gin*, obtidos da destilação do mosto fermentado da cana-de-açúcar. Desse modo, o presente trabalho apresentará a destilaria *Aqua Vitae*, juntamente com seu estudo de mercado, projeções de consumo, decisão locacional da empresa, balanços materiais e energéticos referentes ao processo produtivo, especificação dos equipamentos, integração energética e análise financeira, que mostrou ser um empreendimento viável de potencial altamente lucrativo, possuindo *payback* a partir do 4º ano de operação.

Palavras-chave: *Aqua Vitae*, destilados alcoólicos, cana-de-açúcar.

ABSTRACT

The first alcoholic distillates made from fermented must of agricultural inputs were marketed as therapeutic and medicinal products. Currently, distillates such as *cachaça*, *Vodka* and *Gin* are known and consumed worldwide for their historical, economic, and cultural relevance. The Brazilian trade of this kind of beverage, in recent years, grown gradually due to the emergence of a new class of consumers in this market segment. Thus, the present work proposes the development of the project of a medium-sized industry to produce alcoholic spirits, called *Aqua Vitae*, which will be installed in the municipality of Cambará - PR, to take advantage of the gap of opportunities generated by new consumption habits and the search for a line of high-quality beverages, which value the tradition, personalized and unique aromas, and flavors. The industry project will occupy a planned area of 2 bushels, with the purpose of annually commercializing 6.5 million liters of distilled beverages, betting on innovation, quality, and purity, with the production of silver and gold *cachaça*, *Vodka* and *Gin*, obtained from the distillation of fermented sugarcane must. Thus, this work will present the *Aqua Vitae* distillery, together with its market study, consumption projections, the company's locational decision, material and energy balance sheets related to the production process, equipment specifications, energy integration and financial analysis, which proved to be a viable enterprise with highly profitable potential, having payback from the 4th year of operation.

Keywords: *Aqua Vitae*, alcoholic distillates, sugar cane

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Logotipo da empresa.	18
Figura 2 - Valores da empresa.	19
Figura 3 - Representação dos produtos da <i>Aqua Vitae</i>	24
Figura 4 - Esquema de logística reversa implantado pela <i>Aqua Vitae</i>	26
Figura 5 - Representação do rótulo feito em papel semente.	27
Figura 6 – Consumo previsto em milhares de litros das bebidas destiladas.	28
Figura 7 - Fluxograma de processo da destilaria <i>Aqua Vitae</i>	34
Figura 8 - Fluxograma do processo do setor 100.	35
Figura 9 - Esquema de Extração do Caldo da Cana-de-Açúcar.	38
Figura 10 - Sistema de Decantação e Filtração do caldo da cana-de-açúcar.	41
Figura 11 - Sistema de EME.	42
Figura 12 - Sistema de Fermentação pelo processo Melle-Boinot-Almeida.	46
Figura 13 - Configuração básica de uma coluna de destilação de bandejas.	48
Figura 14 - Processo de Destilação.	49
Figura 15 - Representação de um vaso de leito misto.	58
Figura 16 - Representação esquemática Desaerador.	59
Figura 17 - Sistema de osmose reversa.	62
Figura 18 - Ciclo padrão de refrigeração ideal por compressão.	64
Figura 19 - Esquema da Recepção e Lavagem.	73
Figura 20 - Esquema da etapa de Moagem.	74
Figura 21 - Esquema do Peneiramento.	76
Figura 22 - Esquema da Decantação.	77
Figura 23 - Esquema da Filtração.	79
Figura 24 - Esquema do Tanque de Mistura.	80
Figura 25 - Esquema do processo de Evaporação.	82
Figura 26 - Esquema do Tanque de Diluição.	84
Figura 27 - Esquema da dorna de fermentação.	86
Figura 28 - Esquema do Lavador de Gases.	88
Figura 29 - Esquema da Centrífuga.	89
Figura 30 - Esquema do Reciclo e Tratamento da Levedura.	91
Figura 31 - Esquema do Tanque Pulmão.	92

Figura 32 – Subdivisões do Setor 300.	94
Figura 33 - Esquema da Coluna A1.	95
Figura 34 - Esquema do tanque de separação.	96
Figura 35 - Esquema do Tanque "Pulmão".	97
Figura 36 - Esquema da Produção de <i>Vodka</i>	99
Figura 37 - Esquema da Produção de <i>Gin</i>	101
Figura 38 - Esquema da padronização de <i>Gin</i>	103
Figura 39 - Esquema da padronização de Cachaça Prata e Ouro.	104
Figura 40 - Esquema da Padronização de <i>Vodka</i>	105
Figura 41 - Diagrama de Cebola.	107
Figura 42 - Cascata de Calor do setor 100.	111
Figura 43 - Curvas Compostas quentes e frias do setor 100.	112
Figura 44 - Grande Curva Composta (GCC) do setor 100.	113
Figura 45 - Cascata de Calor do setor 200 e 300.	115
Figura 46 - Curvas Compostas quentes e frias do setor 200 e 300.	116
Figura 47 - GCC do setor 200 e 300.	116
Figura 48 - Rede de Trocadores de calor Aqua Vitae.	118
Figura 49 - Caldeira Mista MGV-8000.	122
Figura 50 - Esquematização das correntes envolvidas na caldeira.	123
Figura 51 - Intervalos de temperaturas de operação dos fluidos refrigerantes.	127
Figura 52 - Simulação do sistema de refrigeração da Aqua Vitae.	128
Figura 53 – Determinação da quantidade de dornas de fermentação.	135
Figura 54 - DRE	147
Figura 55 - Fluxo de Caixa da Aqua Vitae.	153
Figura 56 - Ponto de Equilíbrio	154
Figura 57 - Payback dos Investimentos da Aqua Vitae.	155

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Diferenças entre as bebidas destiladas: Cachaça, <i>Vodka</i> e <i>Gin</i>	22
Tabela 2 - Descrição dos produtos da <i>Aqua Vitae</i>	23
Tabela 3 - Potenciais empresas concorrentes.	32
Tabela 4 - Composição da cana-de-açúcar e caldo.	36
Tabela 5 - Perdas de ART no processo produtivo.....	39
Tabela 6 – Composição de botânicos do <i>Gin Aqua Vitae</i>	50
Tabela 7 - Produção por tonelada de cana e PCI dos subprodutos.	56
Tabela 8 – Descrição dos parâmetros de avaliação da qualidade da cana-de-açúcar...	69
Tabela 9 - Padrões de qualidade da cana-de-açúcar segundo a Embrapa.	70
Tabela 10 - Padrões de Qualidade.....	71
Tabela 11 – Vazões mássicas e condições das correntes na Recepção e Lavagem.	73
Tabela 12 – Vazões mássicas e condições das correntes na Moagem.	75
Tabela 13 - Vazões mássicas e condições das correntes no Peneiramento.....	76
Tabela 14 - Vazões mássicas e condições das correntes na Decantação.....	78
Tabela 15 - Vazões mássicas e condições das correntes no Filtro.....	79
Tabela 16 - Vazões mássicas e condições das correntes no Tanque de Mistura.	80
Tabela 17 – Propriedades de cada módulo do Evaporador.	83
Tabela 18 - Vazões mássicas e condições das correntes no EME.	83
Tabela 19 - Vazões mássicas e condições das correntes no Tanque de Diluição....	85
Tabela 20 - Parâmetros do Processo de Fermentação.....	86
Tabela 21 - Vazões mássicas e condições das correntes nas dornas de fermentação.	87
Tabela 22 - Valores das constantes de Antoine a pressão de 101,3 kPa.	88
Tabela 23 - Vazões mássicas e condições das correntes no lavador de gases.....	89
Tabela 24 - Vazões mássicas e condições das correntes na centrífuga.....	90
Tabela 25 - Vazões mássicas e condições das correntes no ciclo e no tratamento da levedura.....	92
Tabela 26 - Vazões mássicas e condições das correntes no Tanque Pulmão.....	93
Tabela 27 - Parâmetros do Processo de Destilação.	94

Tabela 28 - Vazões mássicas e condições das correntes na 1º coluna de destilação.	96
Tabela 29 - Vazões mássicas e condições das correntes no tanque de separação.	97
Tabela 30 - Parâmetros do Processo de Destilação.	98
Tabela 31 - Vazões mássicas e condições das correntes no tanque pulmão.	98
Tabela 32 - Vazões mássicas e condições das correntes na produção de <i>Vodka</i> .	100
Tabela 33 - Vazões mássicas e condições das correntes na produção de <i>Gin</i>	101
Tabela 34 - Vazões mássicas e condições das correntes na padronização de <i>Gin</i>	103
Tabela 35 - Vazões mássicas e condições das correntes na padronização de cachaça prata e ouro.	104
Tabela 36 - Vazões mássicas e condições das correntes na padronização de <i>Vodka</i>	105
Tabela 37 - Propriedades das correntes quentes e frias do setor 100.	109
Tabela 38 - Temperaturas corrigidas (T° *) do setor 100.	110
Tabela 39 - Propriedades das correntes quentes e frias do setor 200 e 300.	114
Tabela 40 - Temperaturas corrigidas (T° *) do setor 200 e 300.	114
Tabela 41 - Rede de trocadores de calor com suas respectivas correntes envolvidas.	119
Tabela 42 - Condições termodinâmicas das correntes de amônia no ciclo de refrigeração.	128
Tabela 43 - Especificação dos Trocadores de Calor.	130
Tabela 44 - Dados do dimensionamento dos Módulos de Evaporação	133
Tabela 45 - Custos de aquisição do terreno e construção civil.	142
Tabela 46 - Investimentos iniciais por setor da <i>Aqua Vitae</i>	143
Tabela 47 - Custos referentes a Estação de Tratamento de Efluentes.	143
Tabela 48 - Custos referentes ao sistema de captação e distribuição de água.	144
Tabela 49 - Outros custos.	144
Tabela 50 - Equipe de Colaboradores.	145
Tabela 51 - Faturamento anual nos dois primeiros anos.	148
Tabela 52 - Faturamento anual a partir do terceiro ano.	148
Tabela 53 - Impostos diretos ano 1 e 2.	149
Tabela 54 - Impostos diretos a partir do ano 3.	149

Tabela 55 - Custos fixos anuais.	150
Tabela 56 - Custos variáveis anuais.	151
Tabela 57 - Depreciação.	151
Tabela 58 - Financiamento <i>Aqua Vitae</i>	152

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Simbologia adotada para os trocadores de calor.	117
Quadro 2 - Distribuição das quantidades de utilidades quente e frias nos períodos de safra e entressafra.	121
Quadro 3 - Composição mássica do bagaço com 50% de umidade.	123
Quadro 4 - Composição mássica do ar.	124
Quadro 5 - Composição do bagaço nos períodos de safra e entressafra.	125
Quadro 6 - Composição dos gases de combustão.	125
Quadro 7 - Cronoanálise do processo fermentativo.	134
Quadro 8 - Especificações das colunas de destilação.	138
Quadro 9 - Especificações dos tanques de diluição e descanso.	139

ABREVIações E SIGLAS

ABRABE	Associação Brasileira de Bebidas
AEN	Agência de Notícia do Paraná
BE	Balanco Energético
BM	Balanco Material
CBRC	Centro Brasileiro de Referência da Cachaça
EME	Evaporadores de Múltiplo Efeito
GCC	Grande Curva Composta
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBRAC	Instituto Brasileiro de Cachaça
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
IPARDES	Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MPE	Método do Ponto de Estrangulamento Energético
OMS	Organização Mundial da Saúde
PE	Ponto de Estrangulamento
PEV	Pontos de Entrega Voluntária
PIB	Produto Interno Bruto
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
Unica	União da Indústria de Cana-de-açúcar

LISTA DE SÍMBOLOS

atm	Atmosfera
°C	Graus Celsius
h	Hora
J	Joule
L	Litro
m	Metro
m ³	Metro cúbico
mL	Mililitro
PCI	Poder Calorífico Inferior
%	Porcentagem
% (m/m)	Porcentagem massa/massa
% (v/v)	Porcentagem volume/volume
kPa	Quilo Pascal
kg	Quilograma
kJ	Quilo Joule
kW	Quilo Watts

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	16
2.	EMPRESA.....	17
2.1.	Apresentação da Empresa	17
2.2.	Missão	18
2.3.	Visão	19
2.4.	Valores	19
2.5.	Localização.....	20
2.6.	Estrutura organizacional	22
2.7.	Portfólio de produtos da <i>Aqua Vitae</i>	22
2.8.	Projetos de responsabilidade sustentável	24
2.8.1.	Movimento Doses Certas	25
2.8.2.	Ecogesto e <i>Glass is Good</i>	25
2.8.3.	Rótulo Plantável	26
2.8.4.	<i>Carbon Free</i>	27
3.	ANÁLISE DE MERCADO	28
3.1.	Bebidas destiladas: Produção e Projeções	28
3.1.1.	Cachaça	29
3.1.2.	<i>Vodka</i>	30
3.1.3.	<i>Gin</i>	30
3.2.	Cana-de-açúcar: Produção e Projeções.....	31
3.3.	Análise da concorrência	32
3.4.	Público-alvo	33
4.	FLUXOGRAMA DO PROCESSO INDUSTRIAL.....	34
5.	DESCRIÇÃO DO PROCESSO INDUSTRIAL.....	34
5.1.	Setor 100 – Processamento da cana-de-açúcar	35
5.1.1.	Área 110: Recepção e lavagem	36
5.1.2.	Área 120: Moagem	38
5.1.3.	Área 130: Peneiramento.....	40
5.1.4.	Área 140: Decantação e filtração	40
5.1.5.	Área 150: Tratamento do caldo	41
5.1.5.1.	Área 151: Evaporação	42
5.1.5.2.	Área 152: Diluição e correção do caldo	43
5.2.	Setor 200 – Fermentação	44
5.3.	Setor 300 – Destilação	47
5.4.	Setor 400 – Padronização	51
5.4.1.	Área 410: Armazenamento.....	51
5.4.2.	Área 420: Padronização	52
5.4.3.	Área 430: Envelhecimento	53
5.4.3.1.	<i>Blend</i>	55
5.4.4.	Área 440: Envase.....	55
6.	SETOR 500 - UTILIDADES.....	56
6.1.	Área 510: Caldeiraria.....	56
6.2.	Área 520: Tratamento de água.....	57

6.2.1. Área 521: Água da caldeira	57
6.2.2. Área 522: Água de diluição	60
6.3. Área 530: Sistema de refrigeração	64
7. SETOR 600 - GESTÃO DE RESÍDUOS	65
7.1. Resíduos sólidos	65
7.1.1. Resíduos recicláveis.....	66
7.1.2. Bagaço	66
7.1.3. Descarte de levedura	66
7.1.4. Torta de filtro	67
7.2. Resíduos líquidos.....	67
7.3. Resíduos atmosféricos.....	68
8. LABORATÓRIO DE CONTROLE DE QUALIDADE.....	68
8.1. Análises das matérias-primas.....	69
8.2. Análises dos produtos	70
9. BALANÇO MATERIAL E ENERGÉTICO	71
9.1. Setor 100 – Processamento da cana-de-açúcar	72
9.1.1. Área 110: Recepção e Lavagem	72
9.1.2. Área 120: Moagem	73
9.1.3. Área 130: Peneiramento.....	75
9.1.4. Área 140: Decantador	77
9.1.5. Área 150: Filtro	78
9.1.6. Área 160: Tanque de mistura dos caldos	80
9.1.7. ÁREA 170: Evaporador	81
9.1.8. Área 180: Diluição	84
9.2. Setor 200 - Fermentação.....	85
9.3. Setor 300 - Destilação	93
9.4. Setor 400 - Padronização	102
9.5. Setor 500 – Utilidades	106
10. PROJETO INDUSTRIAL.....	107
11. INTEGRAÇÃO ENERGÉTICA AQUA VITAE.....	108
11.1. Integração Energética Setor 100.....	109
11.2. Integração Energética do Setor 200 e 300	113
11.3. Rede de trocadores de calor	117
12. SISTEMA DE GERAÇÃO DE VAPOR.....	121
13. SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO.....	126
14. DIMENSIONAMENTO E ESPECIFICAÇÕES DE EQUIPAMENTOS	129
14.1. Trocadores de calor.....	129
14.2. Setor 100.....	131
14.2.1. Sistema de limpeza a seco	131
14.2.2. Picador.....	132
14.2.3. Desfibrador	132
14.2.4. Moenda.....	132
14.2.5. Filtro	132
14.2.6. Evaporadores.....	133
14.2.7. Tanques de Armazenamento de Xarope	133
14.3. Setor 200	134
14.3.1. Dorna de fermentação	134

14.3.2.	Centrífuga	135
14.3.3.	Tanque de tratamento de levedura	136
14.3.4.	Lavador de gases	136
14.3.5.	Dorna volante.....	136
14.4.	Setor 300	137
14.4.1.	Coluna de Carvão Ativado	137
14.4.2.	Leito de botânicos.....	137
14.4.3.	Torres de destilação	138
14.5.	Setor 400	138
14.5.1.	Tanques de diluição	138
14.6.	Setor 500	139
14.6.1.	Deionizadores	139
14.6.2.	Desaerador	140
14.6.3.	Osiose reversa.....	140
14.7.	Setor 600	140
14.7.1.	Lagoa de Estabilização	140
15.	LAYOUT DA EMPRESA.....	141
16.	DIAGRAMA DE FLUXO DE PROCESSO	141
17.	ANÁLISE FINANCEIRA.....	142
17.1.	Investimento Inicial.....	142
17.2.	Infraestrutura	142
17.3.	Equipamentos	143
17.4.	Colaboradores.....	144
17.5.	Capital de giro	146
17.6.	Demonstrativo de Resultado de Exercício – DRE	147
17.7.	Receita Bruta	147
17.8.	Impostos Diretos	149
17.9.	Custos Operacionais	150
17.10.	Depreciação.....	151
17.11.	Despesas Financeiras.....	152
17.12.	Impostos sobre os lucros	152
17.13.	Fluxo de Caixa	153
17.14.	Ponto de Equilíbrio.....	153
17.15.	TIR.....	154
17.16.	<i>Payback</i>	155
CONCLUSÃO	156	
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	158	
APÊNDICE A – MEMORIAL DE CÁLCULO	176	
APÊNDICE A1.....	177	
APÊNDICE A2.....	180	
APÊNDICE A3.....	185	

APÊNDICE A4.....	187
APÊNDICE B – DIMENSÕES BÁSICAS DOS EQUIPAMENTOS	189
APÊNDICE B1.....	190
APÊNDICE B2.....	191
APÊNDICE B3.....	192
APÊNDICE B4.....	193
APÊNDICE B5.....	194
APÊNDICE B6.....	195
APÊNDICE B7.....	196
APÊNDICE B8.....	197
APÊNDICE B9.....	198
APÊNDICE B10.....	199
APÊNDICE B11.....	200
APÊNDICE B12.....	201
APÊNDICE C – LAYOUT AQUA VITAE	202
APÊNDICE C1	203
APÊNDICE C2	204
APÊNDICE D – DESCRITIVO FINANCEIRO	205
APÊNDICE D1	206
APÊNDICE D2	208
APÊNDICE D3	209
ANEXO I – LOCALIZAÇÃO DA CIDADE DE CAMBARÁ NO ZONEAMENTO AGRÍCOLA DO ESTADO DO PARANÁ.	210
ANEXO II – REGIÃO DE INSTALAÇÃO DA DESTILARIA AQUA VITAE.....	211
ANEXO III – ESTRUTURA ORGANIZACIONAL DA DESTILARIA AQUA VITAE.....	212

1. INTRODUÇÃO

Desde as suas origens, as bebidas destiladas conhecidas antigamente como bebidas espirituosas, estariam ligadas à preparação de “elixires” que promoveriam a cura de todas as doenças e prolongariam a vida dos homens. Os primeiros relatos de destilados alcoólicos caracterizavam uma bebida produzida a partir do mosto fermentado de insumos agrícolas que apresentavam qualidades terapêuticas como relaxamento e bem-estar (BELTRAN, 1996).

A disseminação desses destilados alcoólicos no Brasil, foi estimulada pela importante atividade açucareira durante o período da colonização, entre os séculos XVI e XVII. Segundo o Instituto Brasileiro da Cachaça (IBRAC), a primeira destilação de bebida ocorreu no litoral brasileiro entre os anos de 1516 e 1532 (SEBRAE, 2019).

Atualmente, os destilados são bebidas conhecidas e consumidas em todo o mundo por sua relevância histórica, econômica e cultural, compondo o mercado nacional e internacional com produtos artesanais e industriais. Os produtos artesanais são produzidos de forma descontínua em alambiques, enquanto os industriais de forma contínua em colunas de destilação (PINTO, 2019).

A Cachaça, a *Vodka* e o *Gin* compõem o grupo de bebidas destiladas genuínas com denominação de origem que mantém sua tradição, aromas e sabores como produtos de alta qualidade, provenientes da produção de etanol por meio da destilação do mosto fermentado da cana-de-açúcar, principal matéria-prima, bem adaptada e cultivada em larga escala nas regiões do Brasil (ALMEIDA; DIAS, 2018).

A indústria brasileira de bebidas destiladas, destaca-se como exemplo de uma indústria tradicional que vem aproveitando as oportunidades geradas pela emergência de uma nova classe de consumo neste segmento de mercado e em uma ampla difusão regional (CORRÊA, 2015). Desta forma, buscando aproveitar o interesse que essa classe de bebidas vem despertando, sobretudo no mercado internacional, a proposta da destilaria *Aqua Vitae* busca por novidades na tecnologia de destilação para o mercado de bebidas atual, tendo como conteúdo alcoólico a Cachaça, *Vodka* e o *Gin*, de forma que as características sensoriais e qualidade química das bebidas sejam mantidas e aprimoradas, contemplando o paladar dos consumidores com a

produção de destilados da linha premium, garantindo então a competitividade frente aos produtos importados e de qualidade consagrada no mercado.

Com isso, este trabalho apresenta o projeto de uma planta industrial de uma destilaria, denominada *Aqua Vitae*, contendo estudos de localização, análise de mercado, balanço de massa e energia, análise financeira, dimensionamento de equipamentos e integração energética. O projeto propõe que as bebidas serão comercializadas nacional e internacionalmente, influenciando na evolução econômica do país.

2. EMPRESA

2.1. Apresentação da Empresa

A origem do nome da empresa vem da tradução em latim da expressão água da vida, "*Aqua Vitae*", nome que os alquimistas davam às bebidas destiladas na era medieval, onde a ligação entre o álcool e a água era amplamente utilizada e apreciada em inúmeras culturas, associando às suas propriedades medicinais, quase místicas, de prolongar a vida (RODRIGUES, 2016). Citações como: "Sua glória é inestimável; é o pai e o senhor de todos os medicamentos, e seus efeitos são maravilhosos", de Taddeo Alderotti, um médico alquimista italiano do século 13 e na obra *Liber de arte distillandi de simplicibus*, escrito pelo cirurgião Hieronymus Brunschwig publicada em 8 de maio de 1500, já evidenciavam elogios à *Aqua Vitae*, muito difundida naquela época (BELTRAN, 2000).

Desta forma, surge a destilaria *Aqua Vitae*: fruto do dom da produção de uma linha de bebidas – cachaças, *Vodkas* e *Gin*, a partir da destilação do mosto fermentado da cana-de-açúcar, resultando na magia de bebidas inconfundíveis com peculiaridades sensoriais, repletas de personalidade e respeito às tradições brasileiras.

Com base nestes fatores a logotipo da destilaria, apresentada na Figura 1, foi criada. Sua representação traz três detalhes importantes: as cores e os símbolos de gota e de cana-de-açúcar na escrita. As cores verde e preto foram escolhidas com base nos seus significados: a ideia foi mesclar o preto, trazendo um ar de seriedade

e sofisticação à marca e o verde visando a vivacidade e despertando o equilíbrio e a harmonia que as bebidas da destilaria trazem ao paladar. A gota faz referência ao modo em que o produto sai da coluna de destilação e a cana-de-açúcar à nossa principal matéria-prima.

Figura 1 - Logotipo da empresa.



Fonte: Aatoria Própria, (2020).

Com o intuito de agregar valor aos momentos dos consumidores por meio de seus produtos, a destilaria *Aqua Vitae* possui o *slogan*: "Melhores bebidas para os melhores momentos". O propósito é chamar o consumidor para uma nova experiência, estimulando o hábito de apreciar destilados de qualidade. O foco da destilaria é modificar o cenário atual, ou seja, incentivar os consumidores a beberem menos, porém melhor, a ponto de afetar positivamente na qualidade de vida e, ao mesmo tempo, proporcionar melhores momentos às pessoas.

A *Aqua Vitae* conta com competências essenciais que tornam uma empresa dedicada ao desenvolvimento, produção e comercialização de destilados alcoólicos. Nossa produção será voltada tanto para o mercado interno quanto externo do Brasil visando um alto padrão de qualidade, buscando promover momentos, reunir pessoas, contar histórias e viver a vida.

2.2. Missão

Nossa missão como empresa, é muito maior que fabricar bebidas, é elaborar produtos que farão parte dos melhores momentos da vida dos nossos clientes.

2.3. Visão

Tornar a *Aqua Vitae* uma referência no mercado mundial de bebidas destiladas, antecipando-se às tendências de mercado, quanto ao produto, aroma, sabor e qualidades físico-químicas.

2.4. Valores

Com o objetivo de fornecer um serviço de qualidade com foco no resultado, relações duradouras e preocupação com o meio ambiente, a *Aqua Vitae* conta com uma cultura baseada nos valores ilustrados na Figura 2.

Figura 2 - Valores da empresa.



Fonte: Autoria Própria (2020).

Ter uma cultura norteada com o foco no resultado mantém toda a empresa alinhada com nosso planejamento estratégico e nas melhores entregas aos nossos clientes, estabelecendo assim, relações duradouras por meio da confiança conquistada com colaboradores e clientes, por meio da fidelização da nossa marca, buscando sempre jogar limpo, seguindo padrões atrelados com a preservação ambiental. Dessa forma, os valores da *Aqua Vitae* são os princípios que guiam os

parâmetros para os relacionamentos da nossa organização e o alcance da satisfação de nossos clientes.

2.5. Localização

A determinação do local ideal para a destilaria *Aqua Vitae*, foi tomada com o máximo de relevância, analisando-se a influência do mercado consumidor, fornecedores de matéria-prima, incentivos fiscais, logística de escoamento e concorrências na região. Diante destes fatores, a destilaria *Aqua Vitae* será instalada no município de Cambará, localizada na mesorregião Norte Pioneira do estado do Paraná.

Segundo o IBRAC (2019a), o estado do Paraná demonstra um potencial de exportação de bebidas destiladas, sendo o 2º colocado em volume (em litros) e o 3º colocado em valor (em dólares) no Brasil.

O estado do Paraná se destaca, também, como a 5ª economia do país, representando 6,4% do produto interno bruto (PIB) nacional, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e conta com o Programa Paraná Competitivo, criado em 2011. Este programa, aliado à Agência Paraná de Desenvolvimento, apoia investimentos locais de implantação, expansão, diversificação ou reativação de indústrias a partir de benefícios estruturados e sustentado por lei, contemplando medidas que tornam o Estado mais atrativo para novos empreendimentos produtivos que gerem empregos, renda, riqueza e desenvolvimento sustentável. A implantação deste programa apresentou um aumento de aproximadamente 10% no número de empresas no Paraná, registradas nos primeiros cinco meses do ano de 2019 quando comparado ao ano anterior (AEN, 2019).

Quanto ao setor de bebidas destiladas no Brasil, ele ostenta uma ampla difusão regional, o que se deve às características do produto, composto por quase integralmente de água, aspecto que favorece a produção local, tornando-a mais racional, com a redução nos custos logísticos (CORRÊA, 2015). Desta forma, a cidade de Cambará, ilustrada no ANEXO I, com uma área de 371,484 km² e 25.360 habitantes poderá abrigar a destilaria *Aqua Vitae* por estar localizada próxima a bacia

hidrográfica do rio Paranapanema e a microbacia Ribeirão do Alambari, sendo um local propício para perfuração de poços artesianos, os quais poderão ser utilizados como fonte hídrica no processo produtivo das bebidas.

A imagem disposta no ANEXO I explana o zoneamento agrícola do estado do Paraná, na qual observa-se que o município de Cambará apresenta solos de terra roxa de boa fertilidade natural e temperaturas elevadas que favorecem cultivos anuais e perenes de cana-de-açúcar, a principal matéria-prima da *Aqua Vitae*. O município encontra-se na 3ª posição de maior produtor de cana-de-açúcar do estado, produzindo 1.339.200 t/ano, que irá garantir a destilaria produtores para negociar a compra de matéria-prima (IBGE, 2018). O histórico de produção da cana-de-açúcar da região, evidenciada pela produção deste insumo, leva a uma oportunidade de mercado no setor de bebidas alcoólicas destiladas.

Cambará possui ainda uma posição estratégica que garante o escoamento dos produtos, estando a 408 km da capital Curitiba, 506 km do Porto de Paranaguá e 135 km do aeroporto de grande porte mais próximo na cidade de Londrina. O município é ligado a cidades de médio a grande porte como: Jacarezinho, Cornélio Procópio e Londrina, no Estado do Paraná e Ourinhos e Avaré, no Estado de São Paulo, por meio das rodovias federais, BR-369 e BR-153, e a rodovia estadual PR-431 (MBCONSULTORIA, 2019).

Para a instalação da destilaria, a *Aqua Vitae* utilizará como respaldo a Lei Nº 19/2009 do município de Cambará para particionar o solo de um sítio de 10 alqueires na região rural de Cambará a 2 km da rodovia PR-431, em um terreno de 48400 m², ilustrado no ANEXO II, o qual será utilizado para o projeto do *layout* industrial.

Em posse das informações apresentadas, pode-se averiguar que o município de Cambará/PR está localizado em um ponto estratégico que permite a obtenção da matéria-prima e utilidades provenientes do município e facilidades quanto ao escoamento do produto final, além de estar em um estado com incentivos à implantação, o programa Paraná Competitivo, que proporcionam vantagens econômicas para a indústria.

2.6. Estrutura organizacional

Com o intuito de obter uma melhor gestão da produção e visando excelência operacional, a Destilaria *Aqua Vitae*, uma indústria de médio porte, tem a intenção de dispor de um ambiente bem distribuído e colaborativo, prevendo a seguinte estrutura organizacional descrita no ANEXO III.

2.7. Portfólio de produtos da *Aqua Vitae*

O Brasil tem uma diversidade de produtos agrícolas e coleções de madeiras estritamente nacionais para a fabricação de destilados. Neste contexto, destacam-se a cachaça, a *Vodka* e o *Gin*, em que cada uma possui suas características de produção conforme o Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009 e estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Diferenças entre as bebidas destiladas: Cachaça, *Vodka* e *Gin*.

BEBIDA	GRAU ALCOÓLICO*	MATÉRIA-PRIMA	ENVELHECIMENTO	ORIGEM
Cachaça	Entre 38 a 48% (v/v)	Destilado alcoólico do mosto fermentado do caldo de cana-de-açúcar.	Pode ou não envelhecer em madeiras apropriadas por períodos maiores de um ano.	Produto exclusivamente brasileiro.
<i>Vodka</i>	Entre 36 a 54% (v/v)	Etanol de alta pureza de origem agrícola.	Não passam pelo processo de envelhecimento.	Originária da Polônia e da Rússia.
<i>Gin</i>	Entre 35 e 54% (v/v)	Etanol de alta pureza de origem agrícola na presença de bagas de zimbro (<i>Juniperus communis</i>) com adição ou não de outras substâncias vegetais aromáticas.	São engarrafados sem envelhecimento, mas podem ser maturados em algumas madeiras.	Produção iniciada na Holanda e, posteriormente, na Inglaterra.

* à 20°C.

Fonte: ALMEIDA; DIAS, (2018).

Este cenário traz à *Aqua Vitae* uma oportunidade de produzir bebidas que ofereçam aos consumidores sensações que jamais serão encontradas em nenhum outro destilado. Assim, na Tabela 2 estão dispostas as descrições dos produtos da *Aqua Vitae*.

Tabela 2 - Descrição dos produtos da *Aqua Vitae*.

PRODUTO	DESCRIÇÃO
Cachaça Prata	A Cachaça prata é uma cachaça branca destilada com 40% (v/v), recheada de tradições, o mais puro destilado de cana-de-açúcar, descansada em tonéis de inox, mantendo a originalidade desde a destilação até o consumidor mais exigente.
Cachaça Ouro	A Cachaça ouro da <i>Aqua Vitae</i> é envelhecida em barris de ipê-roxo, castanheira e amburana durante 2 anos, resultando em um <i>blend</i> que traz um aroma adocicado à bebida e uma coloração característica.
Vodka	Bebida destilada, incolor, translúcida, com aroma e sabor característicos e graduação alcoólica de 40% (v/v).
Dry Gin	Bebida aromática de zimbro, casca de laranja, semente de coentro, anis estrelado, noz moscada e pimenta rosa. Com concentração de açúcares de até 6 g/L e graduação alcoólica de 40% (v/v).

Fonte: Autoria Própria, (2020).

Em suma, cada bebida produzida na *Aqua Vitae* possui sua característica marcante e foi pensada para agradar todos os paladares. Além do líquido destilado, o *design* dos frascos traz elegância e simplicidade, apenas realçando seu conteúdo (Figura 3).

Figura 3 - Representação dos produtos da *Aqua Vitae*.

Fonte: Autoria Própria (2020).

2.8. Projetos de responsabilidade sustentável

A Destilaria *Aqua Vitae* incorpora firmemente o valor de “jogamos limpo” em sua cultura, se comprometendo para atender os três pilares da responsabilidade sustentável: a ambiental, social e econômica, nas etapas do desenvolvimento e comercialização de seus produtos até a experiência do consumidor. Dessa forma, a *Aqua Vitae* segue o movimento *doses certas*, que defende o consumo moderado de bebidas alcoólicas por meio de políticas públicas responsáveis iniciado pela indústria de bebidas alcoólicas, além dos principais programas de sustentabilidade conduzidos pela Associação Brasileira de Bebidas (ABRABE): O Ecogesto e o programa de logística reversa de vidro batizado de *Glass is Good*, que propõe a prática de hábitos de consumo sustentável e incentivo ao descarte correto e à reciclagem das embalagens de vidro.

Com o intuito de incentivar a responsabilidade sustentável nos consumidores, a destilaria trará rótulos plantáveis nas garrafas, ou seja, serão confeccionados em papel semente. Assim, um produto *Aqua Vitae* poderá ser a semente de um futuro mais verde!

Além disso, a empresa compensará toda sua emissão de CO₂ do processo produtivo com o plantio de árvores em áreas de recuperação da mata ciliar por meio do programa *Carbon Free* promovido pela ONG Iniciativa Verde.

2.8.1. Movimento Doses Certas

Lançado pela indústria de bebidas alcoólicas e apoiado pela IBRAC, o movimento doses certas tem por objetivo construir uma relação de responsabilidade com a sociedade. Desta forma a *Aqua Vitae* trabalhará com transparência permitindo ao consumidor compreender seu próprio consumo, por meio de programas de conscientização quanto à ingestão não prejudicial de bebidas alcoólicas na sociedade independentemente do tipo de bebida, dentro de uma dose padrão requerida por políticas públicas.

2.8.2. Ecogesto e *Glass is Good*

Todos os produtos da *Aqua Vitae* são envasados em embalagens de vidro, material 100% reciclável, o que torna a empresa uma grande aliada das causas sustentáveis. Pensando nisso, os programas EcoGesto, que difunde a aplicação de práticas em sintonia com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), e *Glass is Good*, um amplo projeto de logística reversa de vidro, refletem a união de toda a cadeia produtiva do vidro, que em torno de um só objetivo, teve como resultado de nove anos a reciclagem de mais de 59 milhões de garrafas, o que corresponde a 30 mil toneladas de vidro, fazendo assim, o ciclo funcionar de maneira mais responsável e sustentável (ABRABE, 2020).

Com o objetivo de firmar parcerias com a cooperativa da região, a *Aqua Vitae* incluirá a instalação de pontos de entrega voluntária (PEV) em locais estratégicos na

cidade e na região ao entorno, ficando a cargo desta cooperativa fazer a logística reversa e a triagem dos resíduos, esquematizado na Figura 4.

Figura 4 - Esquema de logística reversa implantado pela *Aqua Vitae*.



Fonte: ABRABE (2020).

Com esses programas, a destilaria *Aqua Vitae* impacta social, ambiental e economicamente de forma positiva as condições de trabalho, estimulando uma maior coleta, triagem e aumento na renda dos cooperados, com a conscientização, divulgação e engajamento da sociedade e na cadeia produtiva de bares, restaurantes, condomínios, etc. para fomentar o hábito do descarte consciente e correto. Colaborando, ainda, na redução de 2,9% do uso de energia e em 5% da emissão de dióxido de carbono a cada 10% de caco de vidro reciclado (ABRABE, 2020).

2.8.3. Rótulo Plantável

Os rótulos plantáveis serão biodegradáveis. Depois do uso, os consumidores deverão removê-lo da garrafa, cortar em pedaços menores, plantar e molhar. A Figura 5 ilustra o nosso rótulo plantável.

Figura 5 -Representação do rótulo feito em papel semente.



Fonte: Autoria Própria (2021).

Assim, baseado no conceito que podemos semear vidas por meio da reciclagem do papel, transformaremos um de nossos resíduos em algo que agregará valor para a sociedade.

2.8.4. Carbon Free

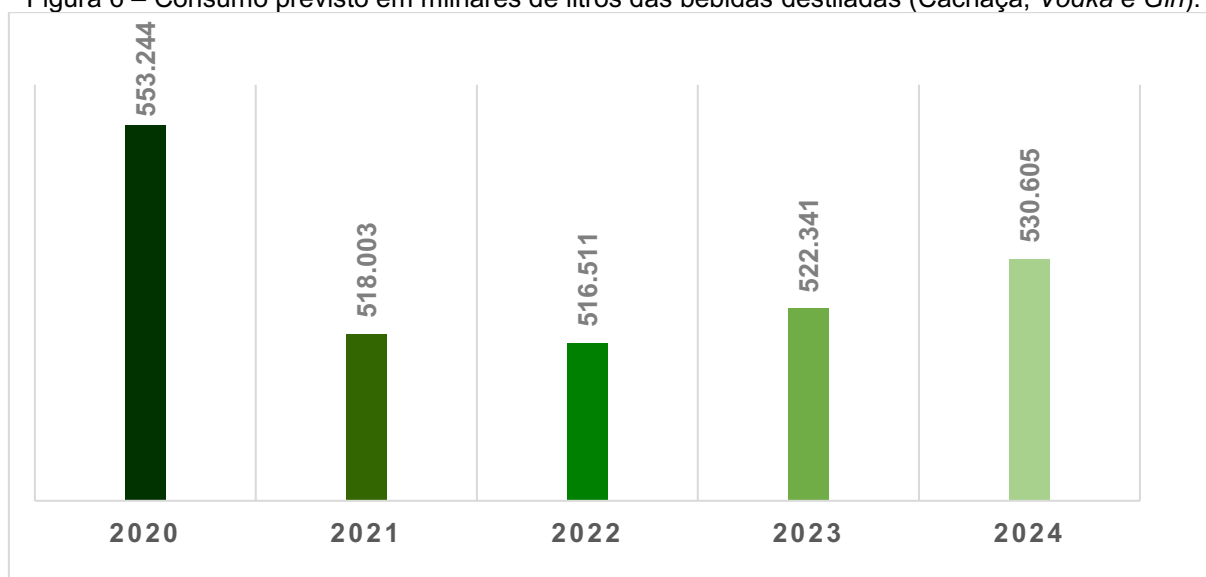
Ao comprar um produto *Aqua Vitae* o consumidor terá garantia de que as emissões de carbono geradas por aquele produto estão sendo integralmente compensada com o plantio de árvores em áreas de recuperação de mata ciliar em diversos locais do país. Com essa iniciativa, a *Aqua Vitae* estende ao consumidor seu compromisso com o meio ambiente além de oferecer a oportunidade de compensar as emissões e carbono da bebida que adquire, contribuindo assim com a recomposição da Mata Atlântica e garantindo a preservação dos recursos naturais para as gerações futuras.

3. ANÁLISE DE MERCADO

3.1. Bebidas destiladas: Produção e Projeções

O mercado de bebidas destiladas vem se reinventando a cada dia, trazendo um cenário otimista de crescimento com o segmento das bebidas destiladas, o qual a procura por bebidas de alta qualidade deixa de ser um breve modismo para ser uma nova tendência de consumo. Assim, abre-se novas perspectivas para o setor, como o fechamento de acordos bilaterais entre o Mercosul e a União Europeia, impactando fortemente na expansão do mercado nacional, tornando-o mais competitivo e expressivo internacionalmente (CARNEIRO, 2019). A Figura 6, apresenta a previsão do consumo anual até 2024 para as principais bebidas destiladas.

Figura 6 – Consumo previsto em milhares de litros das bebidas destiladas (Cachaça, *Vodka* e *Gin*).



Fonte: Adaptado de *EUROMONITOR* (2020).

Por meio dos dados representados, é possível observar uma retração de 6,6% no consumo dos destilados *Cachaça*, *Vodka* e *Gin* entre os anos de 2020 – 2022, em consequência da pandemia da COVID-19 que afetou o desempenho do mercado nacional e mundial de bebidas alcoólicas. No entanto os números da pesquisa elaborada pela *Euromonitor International* (2020), indicam o potencial de crescimento médio de 1,4% nos anos seguintes, caracterizando a retomada do setor.

Influenciada pela dinâmica do mercado de bebidas alcoólicas, a retomada do setor é sinalizada pela procura de produtos de alta complexidade, autenticidade e personalização. Além da tendência crescente de se consumir bebidas alcoólicas em casa, intensificada pela crise da pandemia. Nesse sentido, a cachaça, a *Vodka* e o *Gin* são os tipos de bebidas com as melhores perspectivas de crescimento no mercado nacional e internacional devido ao aumento consistente da “cultura dos coquetéis” e também pela procura de bebidas consideradas “*premium*”.

De acordo com *Ginak* (2021), a ocorrência de inúmeras feiras e exposições, confrarias, *rankings*, *blogs* especializados, as redes sociais, o *marketing* digital, as lojas e *sites* especializados e a participação dos produtores brasileiros em competições de destilados internacionais, vêm ajudando a valorizar e aumentar o consumo dessa classe de bebidas.

Sendo assim, com o objetivo de conter os efeitos da crise e acompanhar o crescimento “tímido” do mercado, *Aqua Vitae* contará com diferenciais na área de atuação. Destacando-se, a utilização do *e-commerce* e tecnologias como *QR Code*, para rastreabilidade dos produtos fabricados. Quanto aos programas voltados para a logística reversa, a *Aqua Vitae*, estudará a possibilidade de firmar parcerias em outras regiões que possam servir PEV e implementará políticas de incentivo nas embalagens. Dessa forma, representando uma oportunidade favorável e única de posicionar essas bebidas como desejado, endossados por um padrão de qualidade rígido e de processos direcionados à virtualização, que aumentarão a confiança em nossos produtos.

3.1.1. Cachaça

A cachaça é o destilado mais consumido pelos brasileiros, presente em mais de 77 países e um dos quatro destilados mais consumidos em todo mundo, conquistando um conceito totalmente diferente, como um destilado requintado. Segundo a *Euromonitor International*, o consumo de cachaça em 2018 atingiu 520,9 milhões de litros, correspondendo a 72% do mercado de destilados, arrecadando como valor de mercado R\$14 bilhões de reais. Estimando-se um aumento de 5,1% em suas vendas, um mercado de R\$15,7 bilhões de reais em 2022 (SEBRAE, 2019).

Conforme aponta o Centro Brasileiro de Referência da Cachaça (CBRC), dados obtidos em 2019 mostram que cada brasileiro consome cerca de 11,5 litros da bebida por ano. Além de movimentar 7,5 bilhões de reais em sua cadeia produtiva. No Brasil há a produção de mais de 5 mil marcas, as quais empregam direta e indiretamente 600 mil pessoas (OLIVEIRA, 2019).

Em relação ao mercado externo, nos últimos anos o setor tem apresentado uma estabilidade que, segundo dados disponibilizados pelo IBRAC, o volume exportado não representa o potencial que o setor possui, exportando em 2018, 8,4 milhões de litros, valor que corresponde menos de 1% do volume produzido anualmente no Brasil (IBRAC, 2019b). Entretanto, esse cenário reforça um espaço para o crescimento e a oportunidade para um movimento de internacionalização da bebida brasileira. A cachaça é fortemente associada ao Brasil e tem um enorme espaço para crescimento, pois é a bebida destilada que apresenta o maior *ticket* médio para exportação, um indicador de desempenho que representa a média do valor monetário total de vendas de um produto (VENTURI FILHO, 2016).

3.1.2. *Vodka*

A *Vodka* é a quinta bebida alcoólica mais vendida no Brasil, tendo em 2017 um consumo de 60,6 milhões litros do destilado, segundo a Euromonitor. O Brasil é o décimo maior mercado de *Vodka* no mundo. Mas a expectativa é que o volume de *Vodka* vendida no país aumente gradativamente, a partir de 2022, tendo a projeção de 70,6 milhões de litros do destilado (LAPORTA, 2018). No cenário mundial, a *Vodka* é caracterizada por ser a bebida destilada mais consumida com uma demanda de aproximadamente 4,44 bilhões de litros por ano segundo KPMG (2019).

3.1.3. *Gin*

Nos últimos anos, houve uma grande mudança de hábitos do público brasileiro com a popularidade e versatilidade do *Gin* no setor de bebidas destiladas. O preparo de *drink* desencadeada pela “cultura de coquetéis” promoveu ao *Gin* um maior crescimento no mercado em relação às demais bebidas destiladas. O volume

de vendas cresceu 66% e atingiu 1,8 milhões de litros, conforme dados da *Euromonitor International* em 2017.

Esse aumento permitiu ao Brasil passar da 27ª posição para 22ª entre os maiores mercados globais da bebida, além de ser o 7º destilado mais consumido no país. Além disso, a partir de 2022 projeta-se um crescimento anual de 17%, promovendo ao país a 17ª colocação mundial no mercado de *Gin*, fazendo com que a representação do volume total de destilados no Brasil aumente em 5% ao ano (CALEIRO, 2019). Internacionalmente, o *Gin* ocupa a 4ª posição representando o consumo de 1,47 bilhões de litros da bebida (KPMG, 2019).

3.2. Cana-de-açúcar: Produção e Projeções

Atualmente a conjuntura comercial para os produtos derivados da cana-de-açúcar é bastante favorável, e é por isto que as informações sobre o tamanho da safra tornam-se essenciais para minimizar ou neutralizar desconfiâncias para o setor. A proposta de projeto da *Aqua Vitae* surge no cenário brasileiro no momento em que o Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, com cerca de 620 milhões de toneladas processadas na safra 2018/2019 e a Região Centro-Sul, que agrega os Estados das regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, correspondendo por 92% deste volume, de acordo com dados divulgados pela União da Indústria de Cana-de-Açúcar (Unica).

Analisando dados do relatório final da safra 2018/2019 da Região Centro Sul, observa-se que o Paraná ocupa o 5º lugar em termos de produção de cana-de-açúcar, com uma colheita de 35,4 milhões de toneladas de cana na safra 2018.

A destilaria *Aqua Vitae* conta com uma área disponível para colheita de em torno de 10 mil hectares na região de Cambará, o que garante uma disponibilidade de matéria-prima em abundância, satisfazendo as necessidades da empresa (AGROLINK, 2021). Assim, a *Aqua Vitae* terá condições favoráveis para a produção de bebidas destiladas destinadas ao mercado interno e externo.

3.3. Análise da concorrência

Dados do IBRAC apontam que há no país mais de 40 mil produtores de destilados, sendo na sua maioria produtores de micro e pequeno porte (SEBRAE, 2013). Esses dados demonstram uma presença expressiva de produtores no Brasil, tornando o mercado de destilados alcoólicos altamente competitivo, tendo como principais direcionadores o preço e a diferenciação de produtos. A fim de analisar o conteúdo de potenciais concorrentes da *Aqua Vitae*, apresenta-se a Tabela 3.

Tabela 3 - Potenciais empresas concorrentes.

EMPRESA	LOCALIZAÇÃO	TIPO DE PRODUTO	PRODUÇÃO ANUAL (L)
A	Jandaia do Sul – PR	Cachaça/ Vodka/Gin/Whisky	160 milhões
B	Jandaia do Sul – PR	Cachaça	50 mil
C	Santa Mariana – PR.	Cachaça	80 mil
D	Ivoti – RS	Cachaça/Gin /Run /Licor	225 mil
E	Taubaté – SP	Cachaça	20 mil
F	Porto Ferreira – SP	Cachaça/Vodka/ Conhaque	330 milhões

Fonte: BASSI (2021); PALAZI (2021); SANTOS (2021); WEBER (2021).

De acordo com a Tabela 3 é possível observar que as empresas A, B e C, estão situadas em um raio de 300 km da sede da *Aqua Vitae*, e se enquadram em potenciais concorrentes no mercado de bebidas destiladas. Com isso, vale destacar a empresa A, a qual apresenta uma produção expressiva de 160 milhões de litros e exibe o mesmo rol de bebidas que a empresa projetada neste trabalho. No entanto, a empresa A não se enquadra no segmento de bebidas *premium*, trazendo a *Aqua Vitae*, a oportunidade de se destacar com produção dessa linha de bebidas, sendo uma maneira estratégica para fortalecer seu posicionamento nesse segmento de mercado.

3.4. Público-alvo

Os destilados especiais ganham espaço no mercado a partir da procura do consumidor por bebidas de maior valor agregado, uma radical mudança no hábito do consumidor de bebidas alcoólicas, evidenciando um perfil ávido por novas experiências sensoriais e sofisticação dos produtos. Devido ao bom desempenho das bebidas destiladas, elas passaram a ser mais procuradas, apreciadas e valorizadas por brasileiros na faixa de 18 a 59 anos de idade, seu principal público-alvo.

Dentre os destilados do mundo, as bebidas fabricadas pela *Aqua Vitae* ocupam a 1ª, 3ª e 5ª posições entre as dez bebidas mais consumidas no mundo (BOSQUEIRO, 2010).

A Organização Mundial de Saúde (OMS) estima que o consumo de destilados no Brasil é de aproximadamente 1,8 bilhões de litros/ano, considerando a faixa de consumo potencial de bebidas alcoólicas (acima de 18 anos) no Brasil. Nesse contexto, o país possui uma oportunidade de mercado de cerca de 144,9 milhões de habitantes (SEBRAE, 2013).

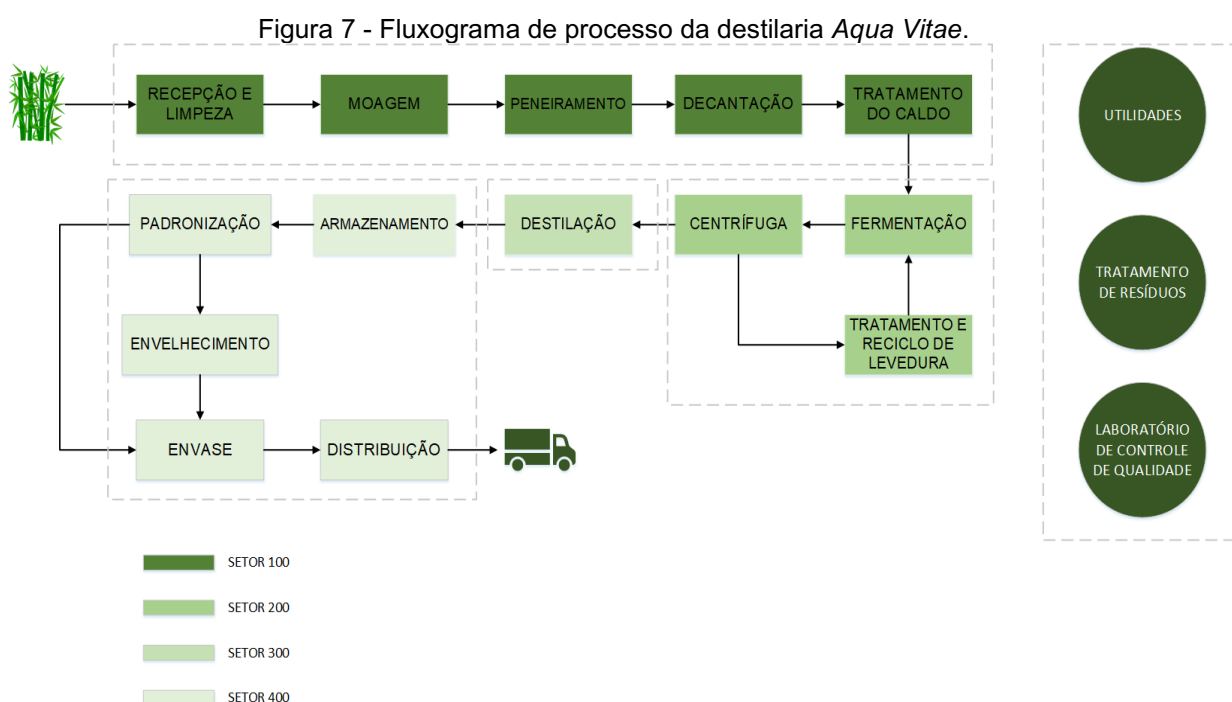
Destaca-se também, segundo 53% das empresas associadas à ABRABE, o aumento de consumo nas categorias *premium* de cachaça, *Vodka* e *Gin*, ocasionado pelo maior interesse dos consumidores ao conhecimento dos produtos e das formas de produção, ampliando então, suas opções de escolha (ABRABE, 2018).

Desta forma, a personalização é uma tendência de consumo global que abre espaço para que as empresas nacionais aprimorem os seus produtos, trabalhando com um portfólio diversificado que atende todas as escolhas e passem a competir com maior força não só no mercado interno, mas também no mercado internacional, reforçando a identidade brasileira.

Com isso, a *Aqua Vitae* buscará trabalhar de forma bem-organizada em prospecção e *marketing* nos grandes centros consumidores, tendo como objetivo aproveitar o máximo da dinâmica imposta pelos novos padrões de consumo e pela retomada do setor.

4. FLUXOGRAMA DO PROCESSO INDUSTRIAL

O processo produtivo apresentado pelo projeto da *Aqua Vitae* envolve diversas etapas que vão desde o recebimento da matéria-prima, a cana-de-açúcar, até a comercialização dos produtos. Todo o processo é examinado com cautela a fim de se obter em cada uma de suas etapas os melhores resultados, objetivando inserir no mercado um produto de qualidade comprovada. Para melhor entendimento, as etapas da produção encontram-se ressaltadas em um fluxograma na Figura 7.



Fonte: Autoria Própria (2020).

Todas as etapas do processo são pensadas de modo a alcançar conformidade aos requisitos de qualidade estabelecidos pelo projeto da *Aqua Vitae*.

5. DESCRIÇÃO DO PROCESSO INDUSTRIAL

A operação da destilaria *Aqua Vitae* será baseada na produção sazonal da cana-de-açúcar da região Centro-Sul do Brasil (de abril a dezembro) contemplando,

também, o período entressafra (de janeiro a março), a fim de atender o comércio de destilados alcoólicos.

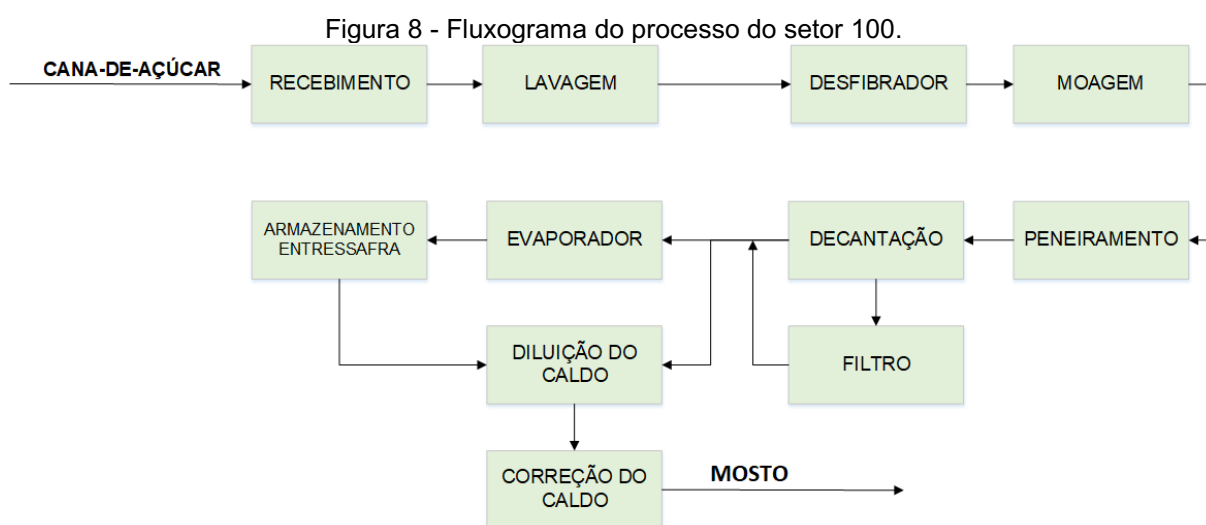
Com o intuito de atender a demanda de caldo correspondente à produção anual, a *Aqua Vitae* irá processar a matéria-prima no período de oito meses correspondente à safra da cana-de-açúcar.

Para este propósito, a destilaria irá dispor de um sistema de compra de cana-de-açúcar, visando estimular a economia e os produtores da região, e contará com a estocagem do xarope, produto obtido da evaporação do caldo da cana-de-açúcar segundo a Comissão Nacional de Normas e Padrões de Alimentos (CENIPA), para servir de matéria-prima durante o período entressafra.

Neste contexto, para alcançar índices satisfatórios de produção de destilados alcoólicos, serão descritas nesta seção as etapas de cada setor, juntamente com as áreas complementares da destilaria esquematizadas na Figura 8.

5.1. Setor 100 – Processamento da cana-de-açúcar

O processo produtivo das bebidas destiladas da *Aqua Vitae* se iniciará no setor 100, onde ocorrerá o processo do recebimento até a obtenção e tratamento do caldo da cana-de-açúcar, conforme ilustrado na Figura 8.



Fonte: Autoria própria (2020).

O setor 100 tem por objetivo principal garantir uma concentração de açúcares satisfatório no caldo extraído que seguirá para as próximas operações na indústria. Abaixo, seguem descritas as etapas deste setor.

5.1.1. Área 110: Recepção e lavagem

Nesta etapa, a cana-de-açúcar, de composição descrita na Tabela 4, é encaminhada à área de recepção para ser pesada e analisada pelo laboratório de controle de qualidade a fim de se estimar parâmetros importantes do processo de produção das bebidas alcoólicas (GONÇALVES *et al*, 2015).

Tabela 4 - Composição da cana-de-açúcar e caldo.

Componentes da cana-de-açúcar	(%) em massa de cana-de-açúcar
Água	73 – 76
Sólidos	24 – 27
Sólidos solúveis (°Brix)	10 – 16
Açúcares Redutores Totais (ART)	12 – 23
Fibra (seca)	11 – 16

Componentes do caldo de cana	(%) em sólidos solúveis
Açúcares Redutores Totais (ART)	75 – 92
Sacarose	70 – 88
Glicose	2 – 4
Frutose	2 – 4
Sais	3,0 – 4,5
Ácidos orgânicos e carboxílicos	2,6 – 8,5
Aminoácidos	0,5 – 2,5

Outros	(%) em massa de cana-de-açúcar
Proteínas	0,5 – 0,6
Gomas	0,30 – 0,60
Ceras, gorduras, fosfolipídios	0,05 – 0,15

Fonte: PALOTA, (2017).

A análise da matéria-prima é de extrema importância para o processo de produção, pois seus resultados podem se apresentar distintos da descrita por Palota (2007). Em virtude dessas diferenças que podem ocorrer por conta de fatores climáticos, tipo de colheita e de corte (TOSETTO, 2002), a destilaria determinará a composição da cana-de-açúcar, durante a recepção, em prol de garantir os principais parâmetros pertinentes à qualidade e rendimento satisfatório do processo.

Desses parâmetros, destacam-se o ART (Açúcares redutores totais) e °Brix (grau brix). O teor de ART representa a quantidade total de açúcares redutores, portanto, são a somatória dos teores de sacarose, glicose e frutose presentes na cana-de-açúcar (RIPOLI, 2004), enquanto que, o °Brix, segundo Lavanholi (2008), é um parâmetro muito utilizado na indústria, que expressa a porcentagem em massa de sólidos solúveis presentes no caldo da cana-de-açúcar. Ambos estão diretamente ligados ao rendimento de etanol a ser produzido na etapa de fermentação, a qual será descrita no setor 200.

Desse modo, a cana-de-açúcar será encaminhada à etapa de limpeza, após a validação de seus principais parâmetros. Esse processo visa a eliminação de impurezas, contaminantes e palha presentes na cana-de-açúcar, o qual representam 10% (m/m) da carga de matéria-prima (CAUNETO; HEITOR, 2013).

Com objetivo de garantir a sustentabilidade da produção, a *Aqua Vitae* optará pelo mecanismo de limpeza a seco, que de acordo com Marcondes e Bueno (2019) garante uma redução significativa dos rejeitos de água da destilaria e opera a uma eficiência de 75%. Esse processo permite, também, a separação da palha de forma mais eficiente, o aumento da capacidade de moagem, minimiza a formação do lodo no decantador e a perda de sacarose na cana-de-açúcar por meio de uma esteira com soprador.

Em seguida, a cana-de-açúcar será transportada em esteiras até um sistema de facas rotatórias que possui a função de corte, nivelando seu tamanho. Além disso, as esteiras possuem um eletroímã, que tem a função de detectar a presença de metais misturados na cana que posteriormente podem comprometer os equipamentos da destilaria. A cana então segue para um desfibrador, onde ocorre o processo de abertura das células que contém os açúcares, possibilitando maior eficiência na extração da sacarose na etapa seguinte, a moagem (LIMA, 2008).

5.1.2. Área 120: Moagem

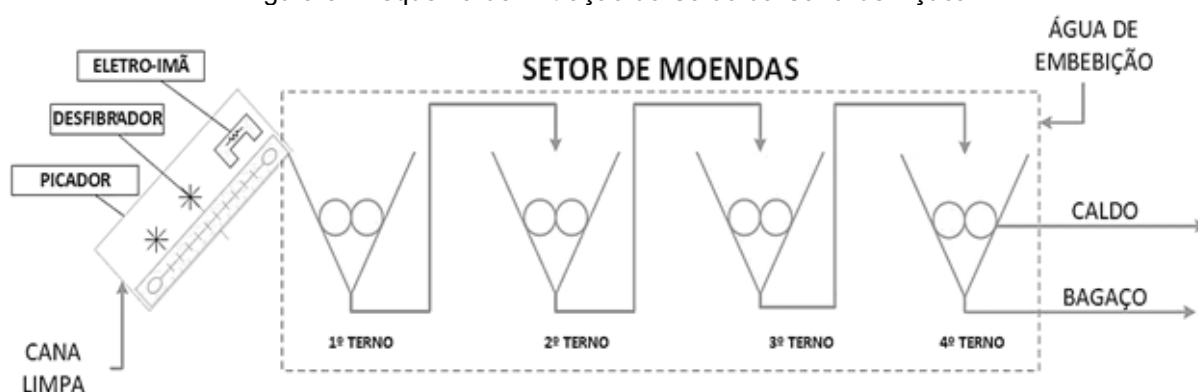
Após serem limpas, cortadas e desfibradas, a cana-de-açúcar seguirá para um sistema de moendas, que segundo Lopes, Gabriel e Borges (2011), são divididas em ternos compostos por rolos ou cilindros que por pressão irão promover o esmagamento dos colmos e extração do caldo da cana-de-açúcar. Esse processo gera também o bagaço, um resíduo fibroso de alta capacidade calorífica, segundo Roure (2019), sendo este encaminhado ao setor de utilidades para ser reaproveitado na matriz energética da própria empresa, visto que são gerados 250 kg de bagaço para cada tonelada de cana-de-açúcar moída (ALBUQUERQUE, 2005).

Vale ressaltar que a proposta é que *Aqua Vitae* opere nos períodos de safra e entressafra, consequentemente deverá produzir a demanda de caldo para o ano inteiro na operação da moenda nos períodos de safra.

Outro fator importante é garantir que a matéria-prima seja destinada aos ternos das moendas em um período máximo de 72 horas após a colheita, para evitar contaminações microbiológicas que influenciarão o processo de fermentação, logo, a qualidade do produto (JÚNIOR, 2012).

A Figura 9 esquematiza todo o processo de chegada e preparação da cana-de-açúcar e a extração do caldo no setor 100.

Figura 9 - Esquema de Extração do Caldo da Cana-de-Açúcar.



Fonte: Autoria Própria (2021).

De maneira geral, o processo de moagem descrito na Figura 8 tem o objetivo de separar a fração líquida (o caldo) da fração sólida (bagaço) da cana-de-açúcar. Visando uma maior recuperação da fração líquida e, consequentemente, um aumento

da eficiência de extração, será realizada uma operação de embebição, a qual auxilia na diluição de 96% dos açúcares presentes na matéria-prima, aumentando o percentual de ART e °Brix no caldo da cana-de-açúcar (GONÇALVES et al, 2015).

May *et al.* (2012), estima que o volume de água de embebição no processo de moagem é de aproximadamente 30% do volume de caldo extraído. Além disso, a água de embebição será ser previamente aquecida por um trocador de calor para maximizar a diluição do caldo residual e minimizar a umidade do bagaço final, promovendo a facilidade de combustão no processo de geração de energia.

Segundo a CGEE (2009), a eficiência máxima de extração de açúcares é em média 97%. Em contrapartida, este autor também infere em seu estudo que 14,4% das quantidades de ART podem ser perdidas no decorrer de todas as etapas do processo produtivo, valores estes, demonstrados na Tabela 5.

Tabela 5 - Perdas de ART no processo produtivo.

NATUREZA DAS PERDAS DE ART	VALOR (%)	CONTRIBUIÇÃO
Lavagem da cana	0,47	3,32
Extração	3,37	26,38
Torta	0,54	3,82
Fermentação	5,17	36,57
Destilação	0,18	1,27
Outras	4,05	28,64
TOTAL	14,4	100

Fonte: CGEE (2009).

Na Tabela 5, também é demonstrado o percentual de perda de açúcar que ocorre nos demais processos da indústria, valores estes, que serão utilizados como referência para os cálculos de balanço material da *Aqua Vitae*.

O caldo extraído pelas moendas arrasta ainda algumas impurezas grosseiras, tais como o bagacilho, que devem ser retirados para evitar a formação de produtos indesejáveis na fermentação e evitar o entupimento nas tubulações da indústria (VENTURI FILHO, 2010). Sendo assim, todo caldo obtido será encaminhado para um sistema de peneiras vibratórias, descritas a seguir.

5.1.3. Área 130: Peneiramento

O sistema de peneiramento tem por objetivo remover impurezas leves que ainda são carregadas no processo de moagem e evitar a sobrecarga dos decantadores e filtros presentes na indústria (RIBEIRO, 2016). Essa separação será realizada por meio de peneiras vibratórias que, segundo Gonçalves *et al.* (2015), são capazes de remover 85% dos sólidos presentes no caldo.

Esta operação irá gerar como resíduo o bagacilho, que será encaminhado ao setor de gestão de resíduos da *Aqua Vitae*, e como produto, o caldo peneirado que seguirá ao processo de decantação.

5.1.4. Área 140: Decantação e filtração

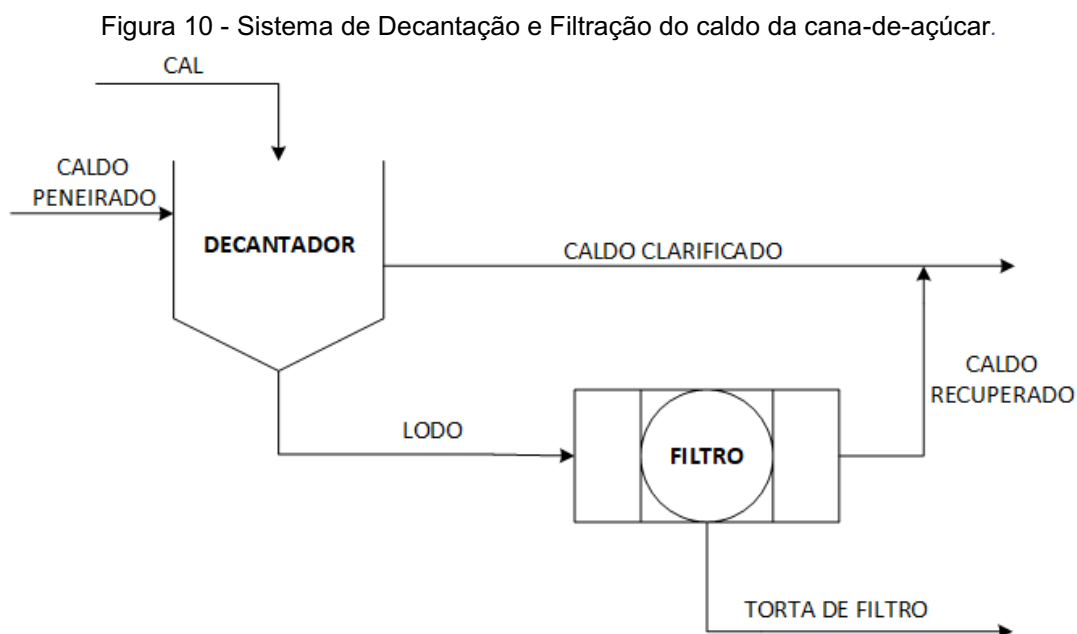
Na decantação ocorre a separação de partículas menores presentes no caldo que não são eliminadas no peneiramento. Essa separação acontece em equipamentos denominados decantadores, onde o caldo peneirado deverá ser adicionado lentamente para promover a deposição de lodo, formado pelas partículas, no fundo do equipamento (YAMADA, 2004). Segundo Albuquerque (2005), 90% do caldo decantado irá seguir para o processo industrial.

Em busca de reduzir o tempo de espera deste processo, a *Aqua Vitae* utilizará o procedimento de caleação, ou calagem, onde se fará o uso de cal virgem para acelerar a velocidade de deposição das partículas. Nesta etapa, a cal provocará a floculação e a decantação das impurezas por meio da diferença de densidade (GONÇALVES *et al.*, 2015).

Ademais, a caleação também protege os equipamentos contra a corrosão, pois a utilização de cal controla o pH do caldo, mantendo-o na faixa de 5,6 e 5,8, que auxilia a diminuição de microrganismos contaminantes (ALCARDE, 2008).

No entanto, o lodo formado é removido úmido dos decantadores, arrastando consigo um percentual de caldo e ART em sua composição (COPERSUCAR, 1989). Desse modo, visando diminuir as perdas de caldo e ART, o lodo úmido será encaminhado a um sistema de filtração do tipo tambor rotativo. Assim, o produto de

interesse, caldo, será recuperado do resíduo formado, a torta de filtro. O sistema de decantação e filtração está delineado na Figura 10.



Fonte: Autoria Própria (2021).

Assim como esquematizado, o caldo recuperado com parte da concentração de açúcares que foram arrastadas no lodo será reaproveitada no processo, enquanto que a torta de filtro será destinada para as lavouras dos fornecedores da *Aqua Vitae* para ser utilizada como adubo orgânico (GONÇALVES *et al*, 2015). O caldo agora quase sem impurezas segue para uma última etapa de tratamento.

5.1.5. Área 150: Tratamento do caldo

Esse tratamento tem o objetivo de adaptar as condições do caldo para a etapa de fermentação, visando um produto final de melhor qualidade, além de suprir a produção nos períodos entressafra (VENTURI FILHO, 2016). Vale ressaltar que a etapa de tratamento do caldo é primordial para o processo de produção, pois permite o controle da formação de compostos capazes de depreciar as bebidas nas operações seguintes (RIBEIRO *et al*, 2017).

Nesta operação, a corrente de caldo claro será dividida igualmente e destinada à etapa de evaporação, responsável pela produção do xarope da cana-de-açúcar para uso na entressafra, e aos tanques para diluição e correção de acidez.

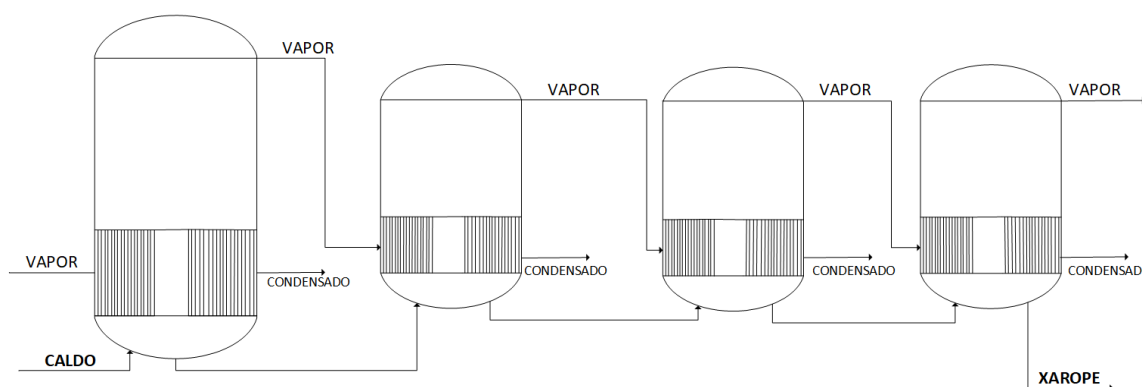
5.1.5.1. Área 151: Evaporação

O caldo para produção de xarope é enviado aos evaporadores, sendo uma etapa de estratégia para garantir a continuidade da destilaria no período entressafra, com o objetivo de formar um estoque que, nas paradas das moendas ou na falta de cana-de-açúcar, servirá para suprir a produção.

O processo de evaporação contará com um sistema de evaporadores de múltiplo efeito (EME) que serão responsáveis por elevar o teor de açúcar total do caldo clarificado, atingindo a concentração de até 65° Brix para sua estocagem. Esse produto apresenta como características sensoriais o aspecto viscoso, cor amarelo-âmbar, com cheiro próprio e sabor adocicado (CHAVES; SILVA, 2003).

Nos EME, o caldo a concentrar passará de um evaporador a outro em série, onde, segundo SILVA (2013), permitirá o melhor controle da temperatura sob o ponto de vista da qualidade do produto e a economia de vapor, uma vez que o vapor gerado na caixa de evaporação precedente será utilizado como meio de aquecimento para caixa posterior, conforme esquematizado na Figura 11.

Figura 11 - Sistema de EME.



Fonte: Autoria Própria (2021).

A água condensada nos EME poderá ser encaminhada ao setor de utilidades da *Aqua Vitae* para o tratamento e posteriormente servir de alimentação para as caldeiras (JESUS, 2004).

O controle da concentração de açúcares obtido pela transformação do caldo em xarope, na *Aqua Vitae*, será feito cuidadosamente para manter essa concentração a mais alta possível sem, contudo, atingir um valor próximo ao limite crítico de cristalização. Essa operação permitirá à *Aqua Vitae* armazenar o xarope em tanques completamente fechados, evitando contaminações microbiológicas, para em seguida ser utilizado como matéria-prima para produção nos períodos em que não há a compra da cana-de-açúcar.

Uma análise da capacidade de suprimento na entressafra é muito importante para definir o estoque a ser produzido nos períodos de colheita, a fim de manter a produção e o comércio equilibrados durante todo o ano. Nos períodos de utilização do estoque, o xarope armazenado será encaminhado para as seguintes etapas do tratamento, iniciando-se pela diluição e correção do caldo (DELGADO, 1990).

5.1.5.2. Área 152: Diluição e correção do caldo

Tanto o caldo clarificado quanto o xarope serão encaminhados para tanques onde se realizará a diluição e a correção de pH necessárias para garantir condições ótimas nas demais operações. A diluição do caldo será realizada visando o ajuste do °Brix, de forma que, segundo Albuquerque (2005), a concentração de açúcares dentro da dorna de fermentação mantenha-se a 16° Brix.

Essa é uma etapa muito importante, visto que obtendo um caldo muito concentrado de açúcares pode-se induzir a um elevado teor alcoólico, prejudicando a atividade fermentativa das leveduras, influenciando também, em fermentações lentas e incompletas os quais reduzem o rendimento industrial. Em contrapartida, se o caldo estiver muito diluído, abaixo 16° Brix, a fermentação ocorrerá de forma muito rápida, como consequência produzirá uma concentração maior de álcoois superiores indesejáveis no processo, além de resultarem em uma maior quantidade de vinhaça, resíduo da destilação, e um maior consumo de energia e de água nas etapas subsequentes (SOUZA *et al.*, 2013).

O caldo de cana possui um ótimo meio para o desenvolvimento dos microrganismos, especialmente em relação às leveduras da fermentação alcoólica. Ou seja, possui acidez e teor de nutrientes satisfatórios para que a fermentação se processe adequadamente (VENTURI FILHO, 2016). No entanto, após a caleação no processo de decantação, o pH se encontra em torno de 7, sendo necessário efetuar a correção da acidez do meio para uma faixa de pH de 5 a 6 (GONÇALVES et al, 2015).

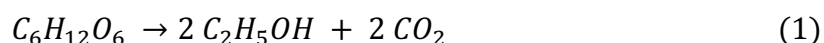
Dessa forma, será adicionado ácido sulfúrico a 10% até o limite de 0,25 L/100 litros de caldo. A acidez total, expressa em ácido sulfúrico, se enquadra na faixa de 2,5 a 3,0 g/L de mosto, em que não se deve exceder a 5,0 g/L. Se os valores de acidez forem baixos não haverá condições favoráveis ao desenvolvimento da levedura, facilitando a ocorrência das infecções bacterianas. Por outro lado, se os teores de ácidos forem altos demais as células de levedura podem ser destruídas (VENTURI FILHO, 2016).

Por fim, antes de seguir para a fermentação, é analisado o teor de alguns nutrientes, como o potássio, fósforo e nitrogênio, para saber se estão menores do que o necessário ao metabolismo ótimo, visando a boa ação do fermento. Assim, quando necessário é ajustado o teor de sais adicionando 0,1 g/L de mosto de superfosfato e sulfato de amônio para torná-lo adequado ao desenvolvimento da fermentação. (VENTURI FILHO, 2016).

Após a diluição, correção da acidez e de sais o caldo produzido no setor 100 passa a ser chamado de mosto, pois ele possuirá todas as propriedades necessárias para ser fermentado. Assim, o mosto será então encaminhado para o setor seguinte, a fermentação.

5.2. Setor 200 – Fermentação

O princípio básico da fermentação alcoólica é transformar todo o açúcar fermentável do mosto em etanol e gás carbônico, por meio da ação de leveduras nas dornas de fermentação, como esquematizado pela reação simplificada de Gay-Lussac na Equação 1 (CALLE; BAJAY; ROTHMAN, 2005).



Segundo Lima (2001), a transformação do açúcar em etanol e CO₂ envolve 12 reações em sequência ordenada, cada qual catalisada por uma enzima específica. Essas enzimas, referidas como “glicolíticas”, sofrem ações de diversos fatores (nutrientes, minerais, vitaminas, inibidores, substâncias do próprio metabolismo, pH, temperatura e outros), alguns que estimulam e outros que reprimem a ação enzimática, afetando o desempenho do processo fermentativo.

Em um processo de metabolização anaeróbica do açúcar do mosto, a levedura gerará uma forma de energia (ATP) que é empregada nos trabalhos fisiológicos e biossínteses necessários à manutenção da vida, crescimento e multiplicação das células. O etanol e o CO₂ resultantes se constituem, tão somente, de produtos da excreção, sem utilidade metabólica para a célula (LIMA, 2001).

Além do etanol e gás carbônico produzido, haverá também a geração de subprodutos. Segundo Russel (2014), essas outras substâncias são denominadas de congêneres e são responsáveis pela formação de aroma e sabor das bebidas alcoólicas, sendo elas divididas em cinco grupos: ácidos orgânicos, álcoois superiores, compostos carbonilados, ésteres e compostos sulfurados. Logo, é necessário para um bom processo e qualidade dos produtos que a composição do mosto fermentado, condições de temperatura, pH, concentração e características da levedura a ser utilizada sejam ideais.

Sendo assim, a *Aqua Vitae* utilizará a levedura *Saccharomyces cerevisiae*, um fermento alcoólico por excelência e uma das mais utilizadas industrialmente (VENTURI FILHO, 2010).

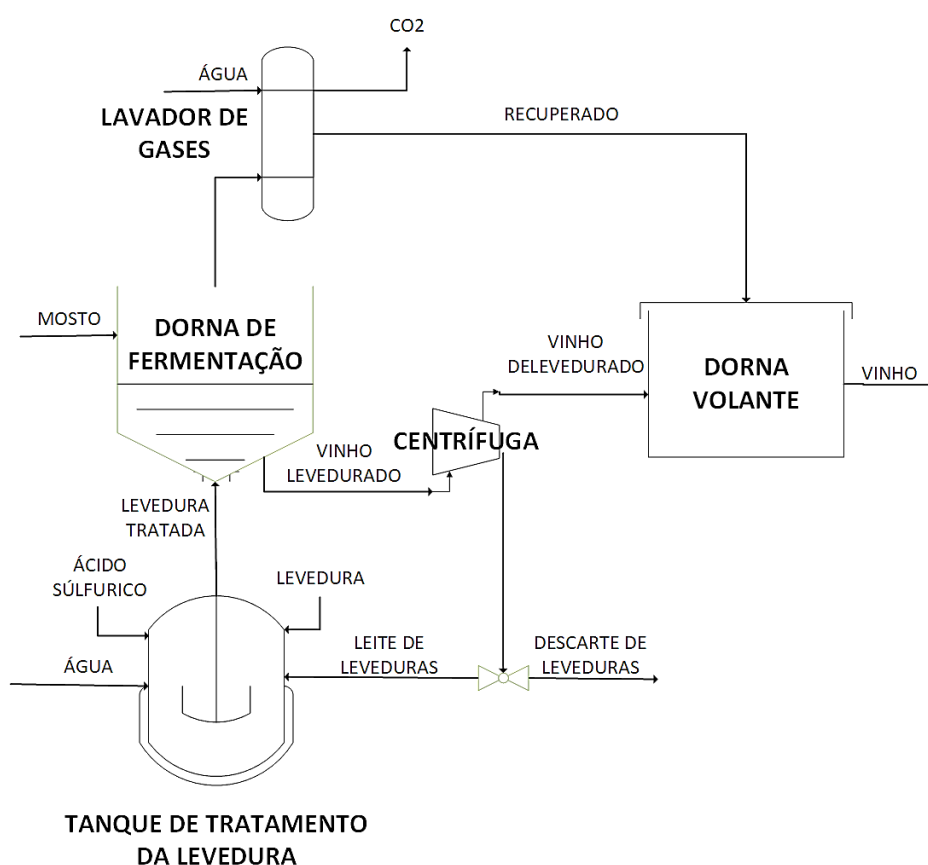
O processo fermentativo ocorrerá após a preparação do inóculo, etapa em que a levedura é preparada até os parâmetros ideais para ser adicionada à dorna de fermentação, juntamente com o mosto vindo do Setor 100. Além disso, é importante ao processo manter a temperatura da dorna controlada em 38°C, pois temperaturas superiores a 38°C ou inferiores a 25°C podem desencadear efeitos inibidores no processo (SANTOS, 2017).

O ideal é que a fermentação se encerre no intervalo de 14 a 18 horas, deixando 6 a 10 horas para as demais operações que acontecem dentro da dorna de

fermentação, ficando, assim, todo o ciclo ajustado para ocorrer em um intervalo médio de 24 horas (MAIA e CAMPELO, 2006). Ao fim deste processo é gerado o vinho, contendo células de levedura em suspensão, as quais precisarão ser separadas por um processo de centrifugação, etapa necessária para evitar a inativação celular que ocorre quando as leveduras ficam expostas a teores alcoólicos elevados (FATEC, 2006).

Na *Aqua Vitae* será utilizado o processo de Melle-Boinot-Almeida, o qual é caracterizado pelo reaproveitamento das leveduras provenientes da batelada anterior, conforme esquematizado na Figura 12.

Figura 12 - Sistema de Fermentação pelo processo Melle-Boinot-Almeida.



Fonte: Autoria Própria (2021).

Esse processo minimiza as perdas de sacarose pelas leveduras e mantém uma elevada concentração celular dentro da dorna de fermentação. O mosto fermentado será encaminhado para a centrífuga a fim de se obter o vinho

delevedurado e o leite de leveduras. Uma parcela do leite de leveduras será descartada para garantir a concentração ideal de células dentro da dorna de fermentação, enquanto que a parcela recirculada antes de retornar ao processo, passará para um tanque de tratamento com objetivo de ajustar o pH e controlar a contaminação microbiana por meio da adição de ácido sulfúrico até a faixa de pH 2,5 – 3,0 e se necessário, posteriormente, adição de água, fermento e nutrientes para restabelecer as condições ótimas de operação. Desta forma, o fermento tratado volta à primeira etapa para dar início a um novo ciclo fermentativo (GÓES-FAVONI et al, 2018).

A cada fim de ciclo fermentativo, o vinho será encaminhado para uma dorna volante ou tanque pulmão, onde é então bombeado para o processo de destilação realizado no Setor 300.

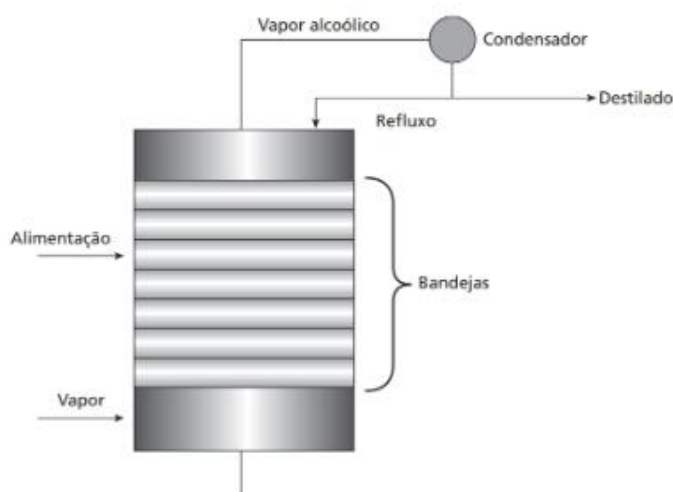
5.3. Setor 300 – Destilação

O vinho encaminhado da fermentação, que apresenta em sua composição uma mistura de 89 - 94% de água, 6 - 8% etanol e 2 - 4% de outras substâncias voláteis (principalmente aldeídos, ésteres, ácidos orgânicos e álcoois superiores), passará para um processo de separação por estágios, denominado de destilação (RUSSEL, 2014).

No cenário de fabricação de bebidas alcoólicas destiladas, o processo de destilação é de extrema importância para a obtenção de produtos de qualidade, uma vez que tem por objetivo o aumento do teor alcoólico e a diminuição dos congêneres, necessários para atender às exigências legais vigentes (SOUZA et al, 2013).

A fim de potencializar a qualidade e a purificação das bebidas destiladas, a *Aqua Vitae* irá operar continuamente o processo em uma coluna de destilação de pratos ou bandejas, esquematizada na Figura 13, comumente utilizada no Brasil, que proporciona o fracionamento e o contato entre as fases líquida e gasosa no interior da coluna (PERRY et al., 1997). A presença de pratos ou bandejas favorece, também, a eliminação de álcoois superiores e demais subprodutos contidos no vinho que prejudicam a qualidade das bebidas alcoólicas (SOUZA et al, 2013).

Figura 13 - Configuração básica de uma coluna de destilação de bandejas.

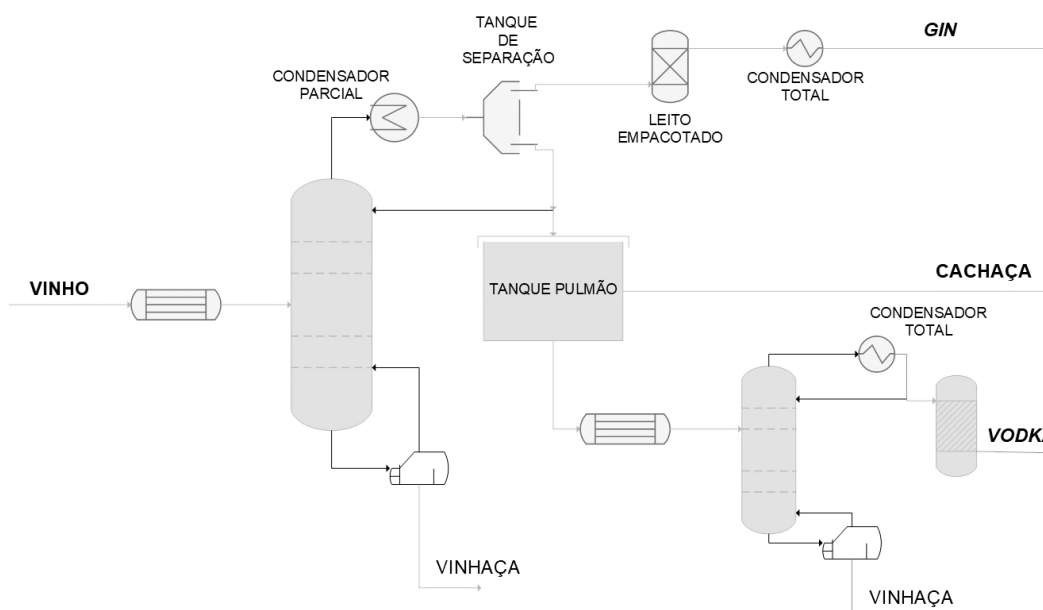


Fonte: VENTURI FILHO (2016).

A configuração convencional de uma coluna de pratos para uma indústria de bebidas alcoólicas de pequeno/médio porte consiste em uma única alimentação de carga obtendo duas frações, denominadas flegma e vinhaça. A flegma, produto principal da destilação do vinho obtido no topo da coluna, é constituído por uma mistura hidro alcoólica com teor de 35 a 65°GL. A vinhaça, o principal subproduto do processo, é uma suspensão aquosa de sólidos orgânicos, minerais e quantidades residuais de açúcar, álcool e compostos voláteis mais pesados contidos no vinho que não são arrastados pela destilação (MACEDO, 1993).

O funcionamento deste sistema na *Aqua Vitae* está representado na Figura 13. O processo se iniciará com pré-aquecimento do vinho para que o mesmo entre nas mesmas condições de operação da primeira coluna de destilação a fim de aumentar o rendimento do processo juntamente com a economia de energia. (VENTURI FILHO, 2016).

Figura 14 - Processo de Destilação.



Fonte: Autoria Própria (2021).

Dessa forma, o vinho terá seu teor alcoólico diminuído conforme desce pela coluna e, quando chega à base, ele está completamente esgotado, sendo recolhido como vinhaça, contendo no máximo 0,02% em massa de teor alcoólico (VENTURI FILHO, 2016).

O produto de topo da primeira coluna de destilação é encaminhado para um condensador parcial a fim de se obter uma mistura de líquido e vapor com teor alcoólico entre 48 e 60% (CÔDO, 2013). A utilização de um condensador parcial em vez de um total é uma decisão estratégica de processo da *Aqua Vitae* para aproveitar a corrente na forma de vapor a fim de realizar a aromatização necessária para a produção de *Gin*. Dessa forma, a mistura líquido e vapor servirá de base para a produção dos destilados, sendo encaminhada para um tanque de separação para separar as frações líquido e vapor.

A fração de vapor para a produção de *Gin* será encaminhada para um leito empacotado com botânicos, para aromatizar e elevar a qualidade e notoriedade desta bebida. O vapor, carregando as essências e óleos extraídos dos botânicos, será condensado e direcionado para a padronização no próximo setor (DIFFORD, 2020).

O *Gin Aqua Vitae* será produzido com os sabores e essências de bagas de zimbro, cascas de laranja, sementes de coentro, anis estrelado, noz moscada e pimenta rosa. As notas e sabores dos ingredientes escolhidos pela destilaria encontram-se dispostos na Tabela 6.

Tabela 6 – Composição de botânicos do *Gin Aqua Vitae*.

BOTÂNICOS	NOME CIENTÍFICO	SABOR E NOTAS
Bagas de Zimbro	<i>Juniperus communis</i>	Pinho cítrico
Casca de Laranja	<i>Citrus sinensis</i>	Amargor adocicado
Semente de Coentro	<i>Coriandrum sativum</i>	Cítrico e picante
Anis Estrelado	<i>Illicium verum</i>	Aromático
Noz Moscada	<i>Myristica fragrans</i>	Aromático picante
Pimenta Rosa	<i>Schinus terebinthifolia</i>	Aromático Adocicado

Fonte: DIFFORD, DIAGEO, PAULEY (2017).

Em sequência, a fração líquida será direcionado para um tanque “pulmão” sendo subdivida para a fabricação de cachaça e *Vodka* da *Aqua Vitae*. A parcela de destilado correspondente à cachaça é encaminhada diretamente para o setor 400, enquanto a usada na produção de *Vodka* será encaminhada à segunda coluna de destilação para obtenção do álcool etílico neutro com graduação alcoólica de 94% (m/m). Em seguida, o novo destilado será alimentado em um outro leito, porém, recheado com carvão ativado para remover impurezas, corrigir a coloração e, conseqüentemente, minimizar a concentração de congêneres. Ele será responsável por reduzir sensivelmente a acidez, a concentração de álcoois superiores, de furfural e fenóis, além de clarificar a bebida, atendendo assim os padrões de qualidade da *Aqua Vitae* (VENTURI FILHO, 2016).

Com o intuito de aperfeiçoar esse processo, ou seja, evitar o desperdício e elevar a qualidade do produto, a *Aqua Vitae* utilizará a primeira coluna confeccionada em cobre, uma vez que o cobre é um elemento que possui propriedades de reagir com compostos produzidos durante a destilação, impedindo que contaminem o destilado, além de ser um agente biocida e um ótimo condutor de calor. Este material proporcionará um produto com concentrações reduzidas de ácidos voláteis, álcoois superiores e contaminantes, contribuindo para uma característica sensorial mais

agradável a cachaça e o *Gin da Aqua Vitae*. Já a segunda coluna poderá ser confeccionada de um material padrão, uma vez que a *Vodka* corresponde a um destilado que não requer a predominância de aroma e sabores provenientes de outros compostos a não ser o etanol.

A fim de manter o controle e padrão de qualidade dos destilados, as colunas serão drenadas e higienizadas regularmente, pois conforme a operação, nas regiões próximas à base da coluna ocorre a concentração dos álcoois superiores de ponto de ebulição elevado que compõem o óleo fúsel, que devem ser retirados do processo, pois conferem às bebidas odores e sabores desagradáveis, além do superaquecimento do equipamento, prejudicando sua operação (NOGUEIRA; FILHO, 2005). A troca dos recheios dos leitos de botânicos e carvão ativado serão realizadas quando elas atingirem a saturação, definida pelo setor de controle de qualidade da *Aqua Vitae*.

Por fim, os destilados produzidos serão encaminhados para o setor 400, onde ocorrerá o armazenamento, padronização, envelhecimento e envase das bebidas.

5.4. Setor 400 – Padronização

Os destilados produzidos na destilação chegam ao setor 400, cujos processos consistem basicamente no armazenamento, padronização, envelhecimento e envase das bebidas, sendo essas as etapas finais antes do produto chegar aos consumidores. A seguir estão descritas cada etapa dessa parte do processo.

5.4.1. Área 410: Armazenamento

A última etapa do processo produtivo de bebidas alcoólicas começa com um processo de “descanso”. Segundo Oliveira (2010), terminada a etapa de destilação, a cachaça deve passar por um processo de descanso que dura pelo menos noventa dias, período cujo qual ocorrem importantes reações de oxidação, suavizando assim a bebida. Já para a *Vodka* e o *Gin*, esse período de descanso é de pelo menos duas semanas, para que ocorra maior combinação entre os compostos que conferem aroma e sabor ao *Gin* (BORTOLUZZI; FREIRE; FERREIRA; IKEDA, 2020).

O produto deve ser armazenado em recipientes apropriados de madeira, aço inoxidável ou aço carbono revestido com resina epoxídica. É proibido o uso de bombonas ou recipientes plásticos, com exceção do polipropileno, desde que seja apresentado laudo técnico que ateste que o material está de acordo com os itens de migração total para os alimentos enquadrados no tipo V, alimentos alcoólicos com conteúdo em álcool superior a 5% (v/v), da Resolução nº 105, de 19 de maio de 1999, publicada pela Anvisa, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (INMETRO, 2009). Visto isso, na destilaria *Aqua Vitae* todo o destilado descansará em recipientes de aço inoxidável.

5.4.2. Área 420: Padronização

A graduação alcoólica é o principal controle de qualidade nas bebidas fermentadas e/ou destiladas, sendo definida pela percentagem volumétrica de álcool puro nela contido (GOBBI; THEIS, 2012). Segundo a legislação brasileira que regulamenta a produção de bebidas alcoólicas, a cachaça deve possuir um teor alcoólico entre 38 e 48%, a *Vodka* deve possuir um teor entre 36 e 54%, e o *Gin* entre 40 e 50%, todos em v/v a 20 °C.

Para que as bebidas alcancem esses valores é necessária a etapa de padronização, que tem como principal objetivo corrigir o teor alcoólico do líquido que vem do armazenamento, já que a bebida sai do destilador com um teor alcoólico elevado. De acordo com a legislação, para padronizar o teor alcoólico das bebidas pode-se adicionar água potável para chegar à graduação alcoólica ideal, porém será utilizado no processo água potável desmineralizada previamente tratada no Setor 500, visando aumentar a pureza das bebidas e evitar que ocorram mudanças sensoriais com o passar do tempo, agregando maior qualidade ao produto. O teor alcoólico final da cachaça, da *Vodka* e do *Gin* produzidos pela *Aqua Vitae* será de 40% em v/v.

Finalizada a etapa de padronização, parte da produção da cachaça será enviada para o processo de envelhecimento, tornando-se assim a cachaça ouro, e parte será enviada para o envase, sendo denominada cachaça prata. A *Vodka* e o *Gin* não passam pelo processo de envelhecimento, então seguem direto para a etapa de envase, assim como a cachaça prata.

5.4.3. Área 430: Envelhecimento

O envelhecimento de destilados ocorre com a estocagem dos produtos em barris de madeira durante um período suficiente para que ocorram reações específicas, que agregam qualidade e melhoram o perfil sensorial da bebida. Bebidas recém destiladas apresentam características sensoriais agressivas e forte sabor alcoólico, o que podem ser atenuados pelo envelhecimento (BORTOLETTO, 2016).

De acordo com Barboza *et al.* (2010), o processo de envelhecimento consiste em armazenar a bebida destilada em barris, que podem ser fabricados de diversas madeiras, por um tempo determinado sob condições adequadas, gerando mudanças na composição química, aroma, sabor e cor da bebida, alterando assim sua qualidade sensorial.

A madeira mais utilizada na fabricação dos barris para envelhecimento de destilados é o carvalho, que por sua vez demanda longo período de crescimento da árvore e necessidade de importação de países europeus ou norte-americanos, gerando um alto custo inicial. Assim, uma alternativa economicamente viável é a utilização de madeiras brasileiras, alternativa que tem sido cada vez mais difundida e estudada, sendo as espécies normalmente utilizadas o amendoim, jequitibá, cabreúva, jequitibá rosa, amburana, ipê, pereira, castanheira, entre outras (BORTOLETTO, 2016; VIÉGAS, 2015).

O período de envelhecimento da cachaça é determinado pela Instrução Normativa Nº13 de 29 de junho de 2005 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, que define o Padrão de Identidade e Qualidade para aguardente de cana e para cachaça:

- i) Aguardente de cana é a bebida com graduação alcoólica de 38% vol (trinta e oito por cento em volume) a 54% vol (cinquenta e quatro por cento em volume) a 20°C (vinte graus Celsius), obtida do destilado alcoólico simples de cana de açúcar ou pela destilação do mosto fermentado do caldo de cana de açúcar, podendo ser adicionada de açúcares até 6 g/l (seis gramas por litro), expressos em sacarose.

- ii) Cachaça é a denominação típica e exclusiva da Aguardente de Cana produzida no Brasil, com graduação alcoólica de 38% vol (trinta e oito por cento em volume) a 48% vol (cinquenta e quatro por cento em volume) a 20°C (vinte graus Celsius), obtida pela destilação do mosto fermentado do caldo de cana de açúcar com características sensoriais peculiares, podendo ser adicionada de açúcares até 6 g/l (seis gramas por litro), expressos em sacarose.
- iii) Aguardente de cana ou cachaça envelhecida é a bebida que contém, no mínimo, 50% (cinquenta por cento) de Aguardente de cana ou Cachaça envelhecidas em recipiente de madeira apropriado, com capacidade máxima de 700 (setecentos) litros, por um período não inferior a 1 (um) ano.
- iv) Aguardente de cana ou cachaça *premium* é a bebida que contém 100% (cem por cento) de Aguardente de cana ou Cachaça envelhecidas em recipiente de madeira apropriado, com capacidade máxima de 700 (setecentos) litros, por um período não inferior a 1 (um) ano.
- v) Aguardente de cana ou cachaça *extra premium* é a bebida que contém 100% (cem por cento) de Aguardente de cana ou Cachaça envelhecidas em recipiente de madeira apropriado, com capacidade máxima de 700 (setecentos) litros, por um período não inferior a 3 (três) anos.

Dessa forma, o tempo em que a cachaça permanecerá sob processo de envelhecimento dependerá do tipo de cachaça que se deseja produzir. Na *Aqua Vitae* a cachaça produzida será envelhecida em tonéis de ipê-roxo, castanheira e amburana, pois segundo Alcarde (2010), essas são as madeiras brasileiras que agregam melhor qualidade à cachaça, proporcionando uma maior aceitação sensorial. O tempo de envelhecimento será de no mínimo 2 anos, para que a bebida adquira melhor as características das madeiras em que estão sendo envelhecidas.

Como o envelhecimento da cachaça é um processo natural e depende de muitos fatores, os produtos que sairão de cada tonel provavelmente apresentarão características diferentes, e para que a cachaça ouro *Aqua Vitae* mantenha sempre o padrão de qualidade, será realizado um processo de *blend* antes da bebida seguir para o envase, que está descrito logo abaixo.

5.4.3.1. *Blend*

A qualidade da bebida após o envelhecimento depende da condição dos tonéis, pois se forem novos, no mesmo período eles agregarão mais cor e sabor à bebida do que um tonel já usado anteriormente. Desta forma, como serão utilizados vários tonéis de diferentes madeiras em diferentes condições, será necessária a realização do *blend* da cachaça, que consiste na harmonização de partes proporcionais ou não de duas ou mais bebidas envelhecidas em barris de madeiras diferentes ou com tempos de maturação diferentes, na busca pelo equilíbrio e identidade (MAPA DA CACHAÇA, 2020).

O *blend* vem para padronizar a cachaça, não apenas a cor e o teor alcoólico, mas para manter uma característica sensorial constante. Assim, independente do ano, a cachaça sempre terá a mesma cor, aroma, sabor e teor alcoólico, dando uma identidade para a cachaça (MAPA DA CACHAÇA, 2020). Garantir essa identidade é papel do *master Blender*, ou mestre de adega, profissional treinado especificamente para essa função, que usa toda a sua experiência e órgão olfativo para definir o produto perfeito (MULYE, 2019).

5.4.4. Área 440: Envase

O *Gin*, a *Vodka* e a cachaça passam pelo processo de envase e rotulagem para então poderem ser distribuídas para o mercado consumidor. Segundo Volpe (2013), o armazenamento de bebidas geralmente ocorre em garrafas de plástico ou vidro, com diferentes volumes, podendo ser feito manualmente ou mecanicamente, seguido posteriormente de rotulagem.

Na destilaria *Aqua Vitae* o processo de envase ocorrerá em uma envasadora automática e serão utilizadas garrafas de vidro, pois com o passar do tempo, bebidas armazenadas em embalagens de plástico sofrem significativa alteração sensorial, perdendo dessa forma qualidade e sabor (DE LIMA, TAHAM, 2011; HOLANDA et al 2015).

Terminado o envase, as bebidas *Aqua Vitae* possuirão o maior padrão de qualidade e estarão prontas para deixar a empresa e serem destinadas aos consumidores.

6. SETOR 500 - UTILIDADES

Diante da preocupação com a agressão ao meio ambiente e a economia de recursos, a área de utilidades da *Aqua Vitae* tem a finalidade de gerir e trazer estratégias para garantir a ecoeficiência das utilidades necessárias para o processo de fabricação dos destilados alcoólicos.

Serão apresentadas, nesta seção, as áreas de caldeiraria para produção de vapor e o tratamento de água, tanto para a caldeira quanto para as diluições necessárias no processo produtivo.

6.1. Área 510: Caldeiraria

Em várias partes do processo produtivo da *Aqua Vitae* faz uso de vapor como fonte de energia e, para isso, necessita-se da caldeiraria. Buscando vantagens econômicas e ambientais, a produção de vapor na *Aqua Vitae* se realizará utilizando toda a biomassa gerada no setor 100 como combustível, substituindo os combustíveis fósseis que tornam as caldeiras potenciais fontes poluidoras, pois, de acordo com o BEN, Balanço Energético Nacional (2019), a biomassa da cana-de-açúcar corresponde a 17,4% da oferta interna de energia (OIE) do país.

A produção da biomassa (bagaço e palha da cana-de-açúcar) está diretamente ligada à quantidade de cana processada na destilaria. Segundo dados da Unica (2020) e SANTOS (2012), as equivalências típicas para a produção e poder calorífico inferior desses subprodutos encontram-se na Tabela 7.

Tabela 7 - Produção por tonelada de cana e PCI dos subprodutos.

Subproduto	kg/tonelada de cana-de-açúcar	PCI (kJ/kg)
Bagaço	250	7.536
Palha	200	12.811

Fonte: Unica (2020) e SANTOS (2012).

A empresa optará pela utilização da biomassa, uma vez que ela demonstra ser uma opção economicamente viável e mais sustentável. Entretanto, por se tratar de uma indústria de caráter sazonal, não há fornecimento contínuo de bagaço, havendo a necessidade de estoques reguladores. Assim, o excesso de bagaço será encaminhado para um pátio de estocagem, a fim de suprir a demanda de bagaço necessário durante o período de entressafra (VENCESLAU, 2018).

Dessa forma, a biomassa originada no setor 100 poderá deixar de ser um resíduo e passará a ser utilizado como combustível, sendo queimado nas caldeiras, equipamentos que segundo a NR-13 são destinados para produção de vapor, sob pressão superior à atmosférica (BRASIL, 2009), que será utilizado nos processos de aquecimento e acionamento de máquinas motrizes da destilaria (OLIVEIRA, 2014).

Buscando um melhor modelo de caldeira para a realidade da *Aqua Vitae*, que possua uma alta eficiência térmica, baixo nível de emissões e compatibilidade com o combustível já produzido, que segundo Senger (2015), apresenta em média um percentual de umidade em torno de 50%, a decisão do tipo e seus parâmetros de operação serão retratos na seção 12 deste trabalho, uma vez que esta decisão está inteiramente ligada com os resultados dos balanços materiais, energéticos e do sistema de integração da destilaria.

6.2. Área 520: Tratamento de água

Para que alguns processos ocorram da maneira correta em termos de eficiência, deve-se considerar o tratamento adequado da água destinada a cada setor, neste caso, a água da caldeira, e a água de diluição do produto.

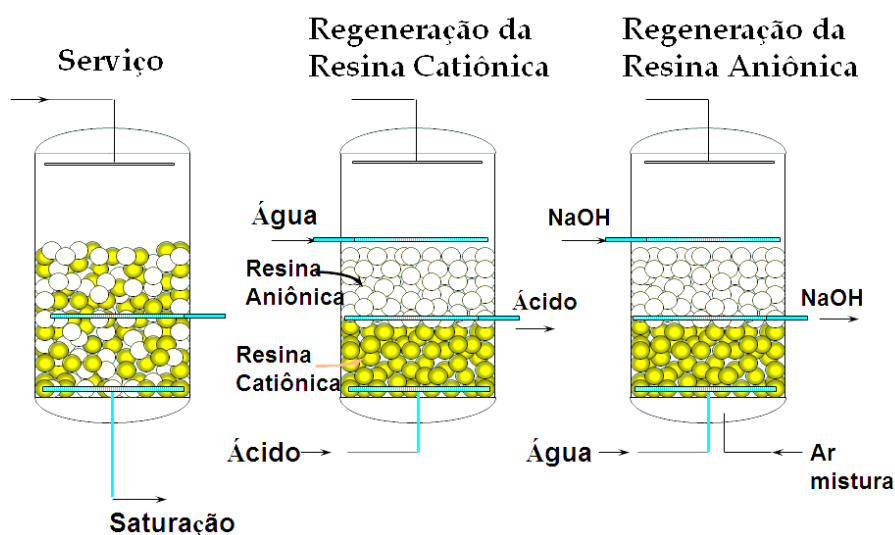
6.2.1. Área 521: Água da caldeira

Com intuito de minimizar possíveis impurezas como sólidos e gases dissolvidos (BOTELHO, 2015; BIFANO, 2015) e com isso garantir a eficiência e segurança operacional da caldeira (TROVATI, 2018), a empresa realizará alguns tratamentos na água antes de entrarem no processo produtivo.

Neste sentido, a fim de promover a segurança e durabilidade da caldeira e das tubulações, a *Aqua Vitae* submeterá a água aos tratamentos de desmineralização e desaeração (TROVATI, 2018).

No processo de desmineralização ocorre a remoção dos íons positivos e negativos da água, deixando-a assim praticamente isenta de materiais dissolvidos (TROVATI, 2018). É um tratamento que ocorre por troca iônica fazendo uso de resinas específicas. Na *Aqua Vitae* esse processo ocorrerá em série de modo que a água a ser tratada seja alimentada primeiro no leito de resina Catiônica e em seguida passe para o leito Aniônico, o sistema é ilustrado a seguir conforme a Figura 15.

Figura 15 - Representação de um vaso de leito misto.



Fonte: CUNHA (2006).

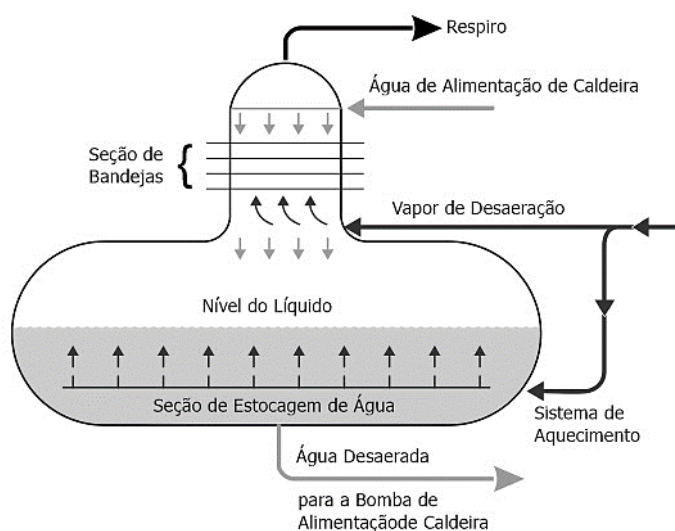
Tendo em vista que com o passar do tempo ocorre saturação dos leitos e se faz necessário a regeneração das resinas, o projeto industrial contará com outro par de deionizadores em paralelo para o processo continue mesmo nesses casos de *set-up*. Dessa forma, é garantida a operação contínua e manutenções periódicas no equipamento.

Como citado anteriormente, as resinas precisam passar por processos de regeneração e para isso cada uma delas utiliza soluções específicas para seu meio correspondente. Ou seja, a resina catiônica será regenerada utilizando uma solução de ácido clorídrico, que é capaz de retirar os íons de minerais retidos substituindo por

íons H^+ , já a resina aniônica será regenerada utilizando uma solução de soda cáustica. Essas operações serão realizadas conforme necessário e o processo será em contracorrente seguido de uma retrolavagem do leito.

Após o processo de desmineralização, se inicia o processo de desaeração, como está representado na Figura 16, que consiste em um processo mecânico onde são retirados os gases não condensáveis dissolvidos na água. Gases como o oxigênio e o dióxido de carbono são exemplos desses gases não condensáveis e a presença deles na água dificultam o uso da caldeira, podendo até danificá-la (TSA, 2018). O desaerador também promove o pré-aquecimento da água para a caldeira.

Figura 16 - Representação esquemática Desaerador



Fonte: Adaptado de CARREIRO, (2018).

Inicialmente o desaerador é alimentado com água contendo a composição que compreende os gases que precisarão ser retirados. No sentido contrário da corrente, a água entra em contato com o vapor, por meio das bandejas, onde então o vapor aquece a água (TSA, 2018).

Assim, com a temperatura elevada da água a solubilidade desses gases diminui, ficando mais difícil se manterem misturados com a água, conseqüentemente, esses gases são expelidos, já que não conseguem mais se dissolverem no líquido (TSA, 2018).

Outro fator que atua no desaerador é a pressão, onde a solubilidade dos gases é afetada pela pressão parcial. Essa relação, é determinada pela Lei de Henry, o que assegura a eficiência do processo de desaeração (TSA, 2018). Usualmente, se obtém do processo a capacidade de obter uma água com teor de oxigênio de apenas 0,007 ppm, ou até 7 ppb (PINTO, 2019).

Em relação à pressão parcial, o que acontece é que, se a pressão parcial causada por esses gases for diminuída ao redor do líquido, a capacidade desses gases de se dissolverem nele também diminuirá, resultando na eliminação desses gases no ar (TSA, 2018).

Por se tratar de um ambiente de alta pressão, todo o vapor utilizado no processo se condensa, sendo assim, o vapor se mistura com a água que foi processada. Então, como os gases retirados da água não são condensáveis eles se mantem separados do líquido e saem do desaerador (TSA, 2018).

Outros fatores que podem contribuir para proporcionar uma melhor performance do desaerador é o uso correto da temperatura, pois ela funciona como um catalisador, aumentando a velocidade de reação. Além disso, deve-se considerar também o pH elevado na água de alimentação, sendo que isso irá favorecer a reação, fazendo com que diminua a taxa de corrosão no sistema (PINTO, 2019).

Com esses cuidados, a água tratada estará livre de substâncias incrustantes e corrosivas e estará pronta para uso, contribuindo assim com a conservação da caldeira da *Aqua Vitae*.

6.2.2. Área 522: Água de diluição

Levando em conta que são necessários em média 10,8 L de água para cada litro de etanol produzido (NOVACANA, 2018), a *Aqua Vitae*, contará com 3 poços artesianos capazes de fornecer 5.000 L/h de água, que servirão como fonte de abastecimento da destilaria, visto a demanda de em torno de 14.000 L/h.

Assim, a água de diluição, uma de nossas matérias-primas, precisará ser tratada de modo a garantir padrões específicos de segurança e saúde, evitando a presença de impurezas que resultam em um impacto significativo em certos processos de fabricação e nos produtos. As condições da água de diluição, são

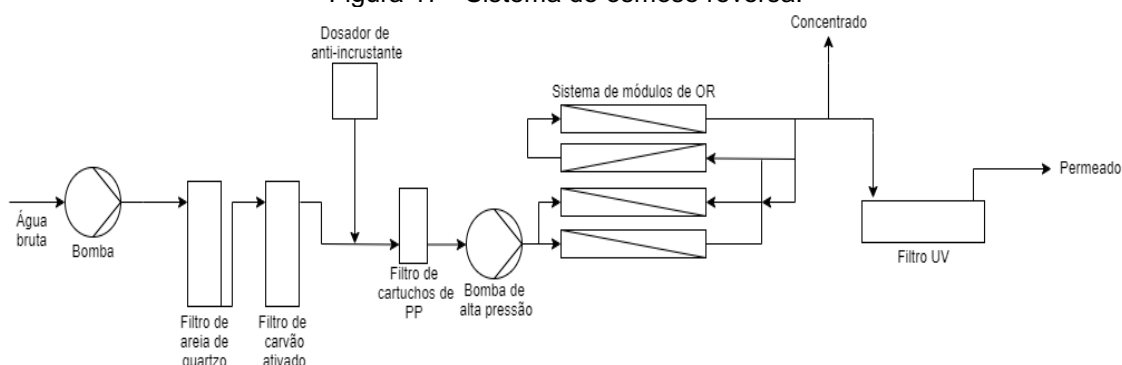
de extrema importância à *Aqua Vitae*, pois possuem uma participação significativa na composição de nossos produtos finais. Dessa forma, a fim de padronizar, aumentar a pureza e evitar que ocorram mudanças sensoriais com o passar do tempo nas bebidas, a água de diluição da *Aqua Vitae* passará pelo processo de osmose reversa.

O processo de separação por membranas é um dos procedimentos de tratamento de água para fins industriais mais eficazes (SHATAT et al., 2013), o qual a osmose reversa tem o maior número de aplicações consolidadas, sendo amplamente utilizada no tratamento de água industrial e podendo eliminar até 99,85% dos sais minerais, metais pesados e microrganismos que possam estar presentes na água. Considera-se como um processo de filtração de nível mais elevado, capaz de reter partículas de até 0,0001 micrometros (1 Angstrom), permitindo assim que as moléculas de água passem livremente, entretanto, barrando os sais dissolvidos, contaminantes biológicos (como vírus e bactérias) e moléculas inorgânicas (por exemplo, a sílica) (KUCERA, 2015).

Uma das vantagens da osmose reversa em relação às outras tecnologias de tratamento de água se dá devido à simplicidade de seu funcionamento, baseado em um mecanismo o qual a água é pressionada através de uma membrana semipermeável na direção oposta ao fluxo natural, com força suficiente para exceder a pressão osmótica, rejeitando sólidos dissolvidos (KUCERA, 2015).

A *Aqua Vitae* contará exclusivamente com o sistema de Osmose Reversa de fluxo cruzado com recirculação parcial de permeado, para manter um nível alto de limpeza da membrana, e diminuir os riscos de incrustação (KUCERA, 2015), como mostra a Figura 17.

Figura 17 - Sistema de osmose reversa.



Fonte: Autoria Própria (2021).

Precedente à filtração pelas membranas de osmose reversa, a água bruta passará por dois filtros: um de areia e outro de carvão ativado, além de ter um dosador de anti-incrustante, e um filtro de cartuchos de polipropileno como uma forma de pré-tratamento. O pré-tratamento de água a ser processada pela unidade de osmose reversa tem como o principal objetivo melhorar a eficiência e aumentar o tempo de vida útil das membranas utilizadas, uma vez que diversas substâncias podem apresentar efeitos deletérios sobre elas (DOW EUROPE, 1994).

O filtro de areia é usado para altas vazões e remoção de sedimentos e partículas de 25 micra e maiores, em alguns casos removerem partículas de 5 a 10 micra. As partículas sólidas suspensas na água são mantidas no interior do meio devido à colisão e adesão na superfície dos grãos ou por retenção entre os grãos, o sistema remove partículas sólida e contaminantes orgânicos, algas e materiais coloidais da água e partículas de argila, a escolha correta da areia determina a eficiência do sistema (Ferraro, 2008).

Segundo Ferraro (2008), o filtro de carvão é utilizado no tratamento avançado de esgotos para remoção de materiais orgânicos solúveis. Esse processo também é utilizado para remoção de compostos inorgânicos como nitrogênio, sulfeto e metais pesados.

A utilização de produtos anti-incrustantes e dispersantes ocorrem na corrente de alimentação da OR e visam à redução da colmatação e da formação de depósitos. A adição destes produtos possui o objetivo de retardar o processo de precipitação,

mantendo as partículas repelidas e dispersas, inibindo o crescimento de cristais e micro-organismos (BRADLEY, 1992).

O filtro de polipropileno é muito importante para a filtração final, uma vez que ele é capaz de reter três vezes mais a sujeira e as impurezas, quando comparado a outros filtros. O polipropileno é um termoplástico que apresenta extrema resistência química e baixo peso, características que possibilitam a utilização do material para diferentes fins. Uma das aplicações do polipropileno diz respeito à fabricação de filtros, suportando uma temperatura de até 60 °C (AIRLINK, 2021).

Os módulos de membranas são configurações utilizadas para tornar os sistemas de filtração mais compactos, de forma que poderão possuir um volume elevado de membranas ocupando uma área relativamente pequena. Além disso, eles também proporcionam propriedades funcionais e econômicas, pois caso o sistema apresente algum problema de funcionamento basta realizar a substituição do módulo defeituoso, não sendo necessária a substituição completa do sistema, possuindo assim uma importância significativa nos custos de operação e manutenção (KUCERA, 2015).

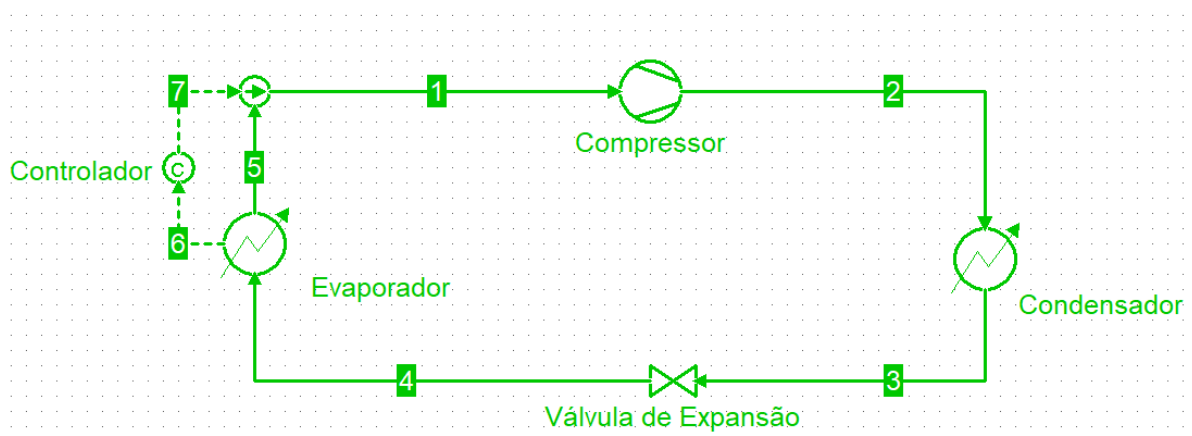
Os módulos utilizados pela *Aqua Vitae* serão do tipo tubular, que podem apresentar uma elevada resistência a incrustações se operados com um fluxo de alimentação turbulento. Esta maior resistência se dá porque estes módulos possuem canais de fluxo maiores do que os encontrados nos módulos de fibra oca e espiral (SPELLMAN, 2015). Nele a alimentação pressurizada faz com que a água escoe da parte interna do tubo (onde se encontram as membranas) até a parte externa onde é recolhido por dutos ou recipientes apropriados (FLUID SEPARATION, 1987).

Após a passagem pelo sistema de osmose reversa, a operação termina com a passagem do permeado num filtro de radiação ultravioleta. A radiação ultravioleta, sendo um agente físico, não altera as propriedades da água e atua atingindo os ácidos nucléicos dos microrganismos, gerando reações fotoquímicas que são responsáveis pela desativação de vírus e bactérias (Barbosa, 2016). Outra vantagem é que ao contrário de tratamento químico com cloro, com o tratamento por radiação UV é impossível haver overdose na água com a luz ultravioleta, além disso, ela possibilita a inativação de patógenos instantaneamente, ao contrário do cloro que precisa de 30 min de tempo de contato com a água (SNATURAL, 2021).

6.3. Área 530: Sistema de refrigeração

A fim de realizar o resfriamento das correntes quentes no processo, a *Aqua Vitae* contará com um sistema de refrigeração ideal por compressão, esquematizado na Figura 18, utilizando amônia como fluido refrigerante.

Figura 18 - Ciclo padrão de refrigeração ideal por compressão.



Fonte: Autoria Própria, 2021.

Esse modelo de refrigeração por compressão é um dos mais utilizáveis nos processos industriais (GENIÊR; COSTA; JUNIOR, 2013). Neste sistema, o fluido refrigerante entra no evaporador a baixa pressão, na forma de mistura de líquido mais vapor retirando a energia do meio interno quando passa para o estado de vapor. Esse vapor entrará no compressor onde é comprimido (elevando sua pressão), tornando-se vapor superaquecido. Em seguida, seguirá ao condensador, onde liberará energia que é retirada do ambiente, passando do estado de vapor para de líquido saturado. Por fim, é encaminhado à válvula de expansão, onde terá sua pressão reduzida, para novamente ingressar no evaporar e repetir-se assim o ciclo de refrigeração (FERRAZ, 2008).

A *Aqua Vitae* utilizará a amônia pois é um dos fluidos refrigerantes mais aplicáveis nas instalações industriais e com o intuito de reduzir custos nas instalações de um sistema de refrigeração em cascata. A amônia é um refrigerante barato,

altamente eficiente na transferência de calor e mais ecológico, sem potencial de aquecimento global e degradação do ozônio.

A destilaria contará com um sistema de detecção de gases moderno para reduzir os riscos de vazamento e parada da produção, assim como proteger a saúde de seus funcionários.

7. SETOR 600 - GESTÃO DE RESÍDUOS

A *Aqua Vitae* se dispõe a colaborar com a preservação do meio ambiente por meio da diminuição da geração de resíduos poluentes e destinação adequada dos resíduos gerados. Busca-se ainda alcançar a sustentabilidade utilizando-se técnicas de contenção e neutralização dos impactos gerados, trazendo um controle em todas as etapas de produção, desde a recepção da cana-de-açúcar até a comercialização dos produtos, colaborando para a preservação e/ou conservação dos recursos naturais e progresso da qualidade ambiental (SILVA, 2011).

A elevada carga orgânica de uma destilaria está diretamente relacionada à quantidade de subprodutos e resíduos gerados no seu processo de produção. Grande parte destes resíduos são gerados a partir da cana-de-açúcar, podendo então serem tratados ou até mesmo reutilizados (MELLO, PAWLOWSKY, 2003).

No processo produtivo da *Aqua Vitae*, os principais resíduos gerados serão a vinhaça, o pé-de-cuba resultante da fermentação, resíduos de cana-de-açúcar (bagaço e palha), além das garrafas e tampas inutilizáveis. Todos eles geram fortes impactos negativos no meio ambiente caso sejam descartados de maneira inadequada, sendo assim necessário um tratamento prévio dos resíduos e efluentes, e uma destinação correta do que não for passível de tratamento (ROWE; OLIVEIRA; ROIM; GATTO, 2018).

7.1. Resíduos sólidos

Os resíduos sólidos da destilaria consistem basicamente em resíduos de material orgânico e inorgânico proveniente do processo de produção, sendo os

principais: os resíduos recicláveis, bagaço, descarte de leveduras excedentes e a torta de filtro (OLIJARE, 2012).

7.1.1. Resíduos recicláveis

Os produtos recicláveis gerados na *Aqua Vitae*, como tampinhas, garrafas de vidro quebradas durante o processo de engarrafamento, sacolas e caixas de papelão são destinadas às cooperativas de reciclagem, sendo este, um sistema importante pois se trata de um processo de educação ambiental conforme sensibiliza a população sobre as questões de desperdício de recursos naturais e a poluição causada pelo lixo. Com a reciclagem pode-se recuperar matérias-primas que de outro modo seriam tiradas da natureza.

7.1.2. Bagaço

O bagaço é o resíduo fibroso que resta após a moagem da cana-de-açúcar, sendo produzidos de 250 a 350 quilogramas de bagaço para cada tonelada de cana moída. Existem diversas aplicações deste resíduo, sendo que se destacam como combustível para caldeiras ou alimentação animal, por exemplo (ROWE; OLIVEIRA; ROIM; GATTO, 2018). Na *Aqua Vitae*, o bagaço da cana será dividido em três correntes: duas delas destinada para a geração de vapor, e a outra refere-se ao bagaço excedente do processo que será comercializada sendo uma fonte de renda extra para a destilaria.

7.1.3. Descarte de levedura

No decorrer do processo de fermentação há um crescimento exponencial de leveduras, resultando em uma quantidade superior à necessária na próxima batelada, assim, parte dessa levedura precisa ser descartada. Uma solução para o destino deste resíduo é a alimentação de suínos e ruminantes que, de acordo com Ferreira et al. (2010), as leveduras são uma excelente fonte de proteínas. Assim, na *Aqua Vitae*, o excesso de levedura descartada diariamente será destinado à ração animal.

7.1.4. Torta de filtro

A torta de filtro é um resíduo proveniente da filtração do caldo e por apresentar uma elevada demanda bioquímica de oxigênio (DBO), pode causar poluição do solo e dos corpos d'água se for jogado diretamente no solo, sem ser diluído. As ações propostas para o reaproveitamento da torta de filtro são a utilização como alimentação animal e como adubação por meio da fertirrigação no plantio da cana-de-açúcar (BORTOLUZZI; FREIRE; FERREIRA; IKEDA, 2020).

7.2. Resíduos líquidos

O principal resíduo líquido da *Aqua Vitae* é a vinhaça, subproduto da destilação, que de acordo com Damy (2008), apresenta em sua constituição principalmente minerais, como potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), além de elevada concentração de matéria orgânica, basicamente sob a forma de ácidos orgânicos, o que explica seu potencial agrônomo como fertilizante, pois a cultura da cana-de-açúcar exige pesadas adubações potássicas.

Dessa forma, a vinhaça proveniente da destilação será alocada em lagoas de armazenamento de vinhaça. As lagoas serão devidamente impermeabilizadas com geomembrana impermeabilizante, de acordo com a Portaria IAP nº 239 de 30 de novembro de 2010, com a finalidade de proteger as águas subterrâneas. Após o setor 300, a vinhaça será direcionada para fertirrigação das lavouras dos produtores da região, por meio de caminhões tanque que possuam a capacidade de até 60m³/viagem. Estes veículos são acoplados a canhões de aspersão, que farão a aplicação nas lavouras (PIRACICABA, 2015).

Os demais resíduos líquidos, como os resíduos de lavagem dos equipamentos por exemplo, serão destinados a empresas terceiras para que possa ser feito o tratamento e destinação adequada.

7.3. Resíduos atmosféricos

As emissões de resíduos gasosos da *Aqua Vitae*, serão compostas principalmente de gases de combustão (CO, CO₂, NO_x, SO_x, hidrocarbonetos e material particulado) oriundos da caldeira e CO₂ gerados na etapa de fermentação.

Com o objetivo de sustentar sua própria energia, a *Aqua Vitae* utilizará o bagaço como fonte de alimentação da caldeira, proporcionando um rendimento térmico que é convertido em vapor que alimentará parte da energia necessária na produção. Além de possuir alto poder calorífico, o bagaço é uma melhor alternativa do que utilizar lenha ou outros tipos de combustíveis, uma vez que este é um resíduo gerado da própria fabricação (BONASSA et al., 2015).

Entretanto, assim como qualquer outra fonte de combustível, a queima do bagaço gera alguns poluentes como materiais particulados (associados a cinzas e fuligens), monóxido e dióxido de carbono e óxidos de nitrogênio. Estes poluentes provocam resultados indesejáveis, podendo causar incômodo ao bem-estar público e danos respiratórios à população. Dessa forma, a fim de amenizar esses efeitos, será utilizado na caldeira e nas dornas de fermentação lavadores de gases capazes de liberar mínimas quantidades de poluentes. Além disso, assim como já citado, *Aqua Vitae* irá optar pela alternativa de neutralização de CO₂ em parceria com a ONG Iniciativa Verde por meio do programa *Carbon Free*.

8. LABORATÓRIO DE CONTROLE DE QUALIDADE

A análise das matérias-primas alimentadas no processo de fabricação de destilados alcoólicos, bem como as análises durante e após processo produtivo, são essenciais para garantir a qualidade e evitar ao máximo a variabilidade do produto. Dessa forma, prezando pela qualidade de suas bebidas, satisfação e segurança dos consumidores, a *Aqua Vitae* contará com um laboratório de controle de qualidade onde serão realizadas análises periódicas das matérias-primas utilizadas na produção das bebidas destiladas fabricadas na empresa, para controle do processo de produção e controle de qualidade dos produtos.

8.1. Análises das matérias-primas

A eficiência do processo industrial depende da qualidade da matéria-prima que é entregue na destilaria. Posto isto, a *Aqua Vitae* realizará as análises dos principais parâmetros que especificam a qualidade da cana-de-açúcar, segundo Silva (2016), descritos na Tabela 8.

Tabela 8 – Descrição dos parâmetros de avaliação da qualidade da cana-de-açúcar.

PARÂMETROS	DEFINIÇÃO	APLICAÇÃO
%POL	Teor de sacarose na composição da cana-de-açúcar	Quanto mais elevados forem os teores de sacarose, melhor.
%Pureza	Relação POL/Brix x 100	Maior a pureza, significa melhor qualidade da matéria-prima para recuperar açúcar.
ART (Açúcares Redutores Totais)	Determinado pela relação POL/0,95 mais o teor de açúcares redutores	Indicador que representa a quantidade total de açúcares da cana (sacarose, glicose e frutose).
Açúcares redutores	É a quantidade de glicose e de frutose presentes na cana	Afetam diretamente a sua pureza, já que refletem em uma menor eficiência na recuperação da sacarose pela indústria.

Fonte: SILVA, (2016).

Esses fatores, além de impactarem na qualidade dos produtos, são imprescindíveis para a obtenção de rendimentos industriais satisfatórios, como por exemplo, a porcentagem em massa de sólidos solúveis contidos no caldo da cana-de-açúcar, denominado de °Brix (grau brix), necessário para o processo de fermentação na indústria.

Para ser processada, a cana-de-açúcar deve ser colhida e industrializada quando atinge teores máximos de açúcares, suficientes para permitir a sua extração e transformação em produtos comerciais, como, por exemplo: cachaça, *Gin* e *Vodka*.

Sendo assim, é necessário que as análises estejam de acordo com os padrões de qualidade da matéria-prima. Na Tabela 9, destacam-se as recomendações dos padrões de qualidade segundo a EMBRAPA.

Tabela 9 - Padrões de qualidade da cana-de-açúcar segundo a Embrapa.

PARÂMETROS	RECOMENDAÇÃO
%POL	> 14%
Pureza (%)	> 85,0
ART (kg/Tc*) *Tc = tonelada de cana	> 92

Fonte: VIAN, (2017).

Para a determinação dessas análises, a destilaria seguirá as recomendações da NBR 1.6271/2014 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) que dispõe sobre a determinação da qualidade da cana-de-açúcar (%POL, %Pureza e ART) no momento que a matéria-prima chegar para o processo produtivo.

Em posse dos resultados das análises, a *Aqua Vitae* garantirá o controle dos rendimentos industriais dos processos e estará apta para determinar uma melhor variedade da matéria-prima junto a seus fornecedores, de forma que a produtividade dos destilados alcoólicos seja maximizada.

8.2. Análises dos produtos

A análise dos produtos é importante para o controle de qualidade, pois permite que a *Aqua Vitae* entregue destilados alcoólicos que atendam as expectativas dos consumidores e as exigências das normas reguladoras.

A destilaria seguirá as análises de acordo com o que está definido no decreto Federal 6.871 de 2009 que regulamenta a Lei 8.918, de 1994, a qual dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas e da norma N°63 de 2008 do MAPA que dispõe exclusivamente dos parâmetros de qualidade de bebidas retificadas (BOZA; HORRI, 1998).

Essas legislações impõem que sejam analisados a graduação alcoólica, o coeficiente de congêneres e os contaminantes orgânicos e inorgânicos das bebidas destiladas, portanto, a *Aqua Vitae* realizará estas análises e garantirá que seus ensaios periódicos mantenham o padrão de qualidade de acordo com a referência disposta na Tabela 10.

Tabela 10 - Padrões de Qualidade.

BEBIDAS	ETANOL MIN. (%) v/v	ETANOL MÁX. (%) v/v	TEOR DE AÇÚCARES MÁX. (g/L)	CONGÊNERES MÁX. mg/mL de etanol
CACHAÇA	38	48	6	6,5
VODKA	36	54	2	0,5
DRY GIN	34	54	6	0,5

Fonte: Adaptado de BRASIL (2009) e MAPA (2008).

A determinação do coeficiente dos congêneres citados na tabela acima será realizada, segundo Bortoletto (2016), por meio da soma da concentração dos seguintes parâmetros: acidez volátil, aldeídos, ésteres totais, álcool superiores, furfural e hidroximetilfurfural. Esses limites têm por objetivo moderar a influência de cada componente na proteção à saúde pública e no padrão de qualidade da bebida, favorecendo desta maneira a conformidade das bebidas dentro dos padrões legais (MIRANDA et al, 2007).

A fim de garantir a qualidade de seus produtos e estar de acordo com as legislações vigentes, a *Aqua Vitae* utilizará para padronizar a graduação alcoólica das bebidas apenas água que esteja dentro das normas e padrões aprovados em legislação específica para água potável.

Sendo assim, o laboratório de controle da qualidade será responsável por monitorar os padrões no que se refere a qualidade da matéria-prima em sua chegada à indústria até a saída do produto ao consumidor final.

9. BALANÇO MATERIAL E ENERGÉTICO

Os balanços materiais e energético dos setores da *Aqua Vitae* estarão dispostos nesta seção com seus respectivos diagramas parciais e valores estimados.

Vale ressaltar que os cálculos foram baseados nos parâmetros e considerações feitos anteriormente e estão de acordo com a literatura disponível. Além disso, como estimativa inicial, baseou-se no volume de produção das bebidas, cachaça, *Vodka* e *Gin* descritas na seção 3 deste trabalho. Desta forma, para atender 1% da demanda brasileira, a *Aqua Vitae* necessitará processar 15.000 kg de cana-de-açúcar.

Em termos de balanço energético fez-se uso da temperatura média anual da cidade de Cambará (21,2°C), sede da empresa. Além disso, baseou-se no princípio da conservação de energia e foi considerada a condição de regime permanente.

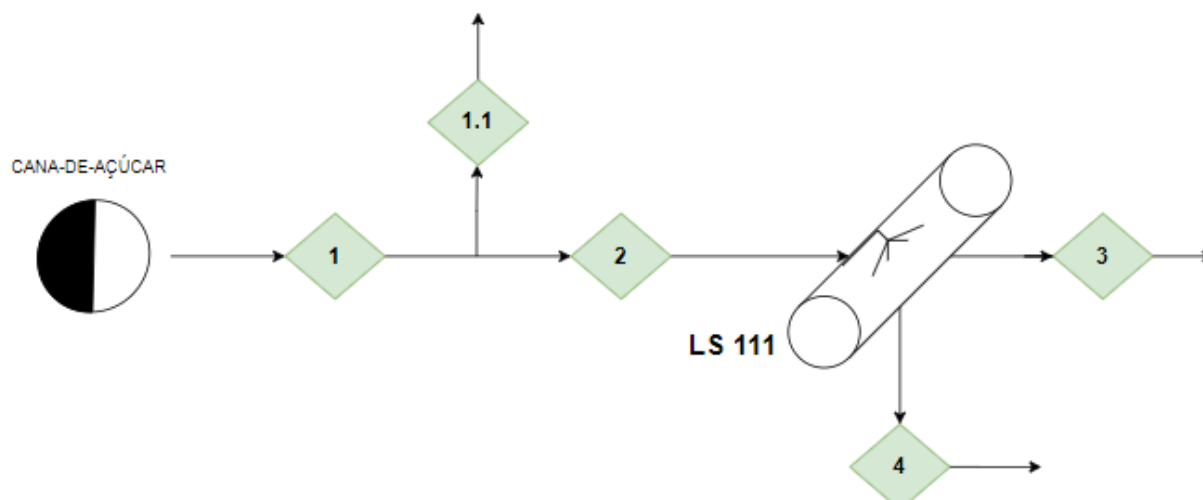
9.1. Setor 100 – Processamento da cana-de-açúcar

Neste setor serão descritos especificamente frações de água, açúcares fermentáveis (ART), palha e fibras. Serão também incluídos no balanço componentes minoritários, sendo eles impurezas minerais, metais, pedras, etc, além dos sais

9.1.1. Área 110: Recepção e Lavagem

A *Aqua Vitae* processará 15.000 kg de cana-de-açúcar por hora, que será alimentada na corrente 1, a qual deverá conter em torno de 10% de palha (m/m), 1% (m/m) de impurezas minerais, 1,4% (m/m) de sais. Nesta etapa será feita a pesagem e verificação da matéria-prima, representada pela corrente 1.1, em seguida será encaminhada para a corrente 2, dando entrada no lavador (LS111) que possui uma eficiência de 75%. A palha juntamente com as impurezas minerais removidas nesta etapa será encaminhada para o setor 600 por meio da corrente 4, enquanto que a cana após o processo de limpeza seguirá na corrente 3 para a próxima etapa do processo (CAUNETO; HEITOR, 2013). Para o balanço por componentes foi utilizado os dados de composição média da cana presentes na Tabela 3. A Figura 19 ilustra o diagrama desta etapa.

Figura 19 - Esquema da Recepção e Lavagem.



LEGENDA

- 01 Recebimento de cana-de-açúcar
- 02 Entrada de cana no lavador
- 03 Saída da cana no lavador
- 04 Resíduos (palha e impurezas minerais)

Fonte: Autoria Própria (2021).

Na Tabela 11, estão apresentados os valores das vazões mássicas das Correntes 1, 2, 3 e 4, além de suas respectivas temperaturas e pressões.

Tabela 11 – Vazões mássicas e condições das correntes na Recepção e Lavagem.

CORRENTE	1	2	3	4
Temperatura (°C)	21,2	21,2	21,2	21,2
Pressão (atm)	1	1	1	1
Vazão Total (kg/h)	15.000,00	15.000,00	13.762,50	1.237,50
POR COMPONENTE				
Água (kg/h)	9.879,00	9.879,00	9.879,00	-
Fibras (kg/h)	1.602,00	1.602,00	1.602,00	-
ART (kg/h)	1.682,10	1.682,10	1.682,10	-
Sais (kg/h)	186,90	186,90	186,90	
Palhas (kg/h)	1.500,00	1.500,00	375,00	1.125,00
Impurezas minerais (kg/h)	150,00	150,00	37,50	112,50

Fonte: Autoria Própria (2020).

9.1.2. Área 120: Moagem

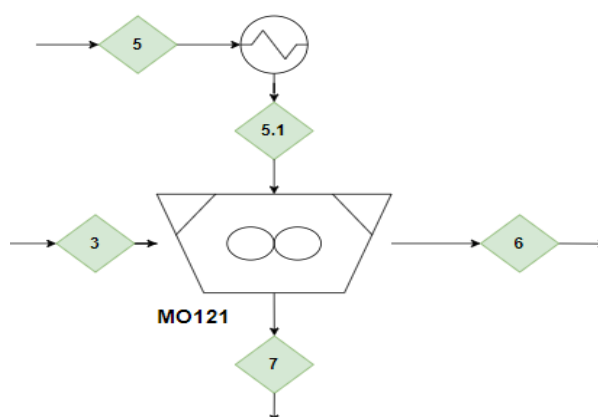
Seguido do processo de recepção e lavagem inicia-se a moagem. A moenda (MO121) da *Aqua Vitae* operará com uma eficiência de 97% e operará com 4 ternos.

Para que a moenda processe nesta eficiência será adicionado por volta de 30% de água de embebição em relação ao volume de caldo de cana, garantindo assim uma melhor recuperação de açúcares (MAY *et al.*, 2012). Essa água será previamente aquecida de 21,2 °C (corrente 5) a 80°C (corrente 5.1), em um trocador de calor por meio do fornecimento de 823.623,78 kJ/h de calor em forma de vapor saturado proveniente do setor de utilidades *Aqua Vitae*, visando a maximização da extração de açúcares fermentáveis (PAYNE, 1989).

Para o acionamento de cada terno é necessário o consumo de 440,4 kW. Além disso, como o processo de moagem trata-se de um sistema aberto foi considerado uma perda de 12% de energia para o ambiente, correspondendo a 294.157 kJ/h.

Nesta etapa, a fim de facilitar os cálculos, os componentes minoritários (impurezas minerais, metais, pedras, sais, etc.) na saída da corrente foram englobados em uma só categoria denominada “outros”. O diagrama desta parte do processo está disposto na Figura 20.

Figura 20 - Esquema da etapa de Moagem.



LEGENDA

- 03 Cana “limpa”
- 05/05.1 Água de Embebição
- 06 Caldo Bruto
- 07 Bagaço

Fonte: Autoria Própria (2021).

A quantidade de bagaço produzido (corrente 7), será em torno de 25% em relação à massa de cana-de-açúcar alimentada da moenda (ALBUQUERQUE, 2005), já a respeito da ART, ocorrerá uma perda em 3% no caldo, em relação ao bagaço (PAYNE, 1989). Considerou-se a perda de 2% dos componentes minoritários

presentes no caldo. Os dados referentes às vazões mássicas das correntes 3 a 7 juntamente com suas respectivas temperaturas e pressões estão apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 – Vazões mássicas e condições das correntes na Moagem.

CORRENTE	3	5.1	6	7
Temperatura (°C)	21,2	80	34,6	34,6
Pressão (atm)	1	1	1	1
Vazão Total (kg/h)	13.762,50	3.343,60	13.665,47	3.440,63
POR COMPONENTE				
Água (kg/h)	9.879,00	3.343,60	11.502,29	1.720,31
Fibras (kg/h)	1.602,00	-	53,72	1.548,28
ART (kg/h)	1.682,10	-	1.578,88	103,22
Outros (kg/h)	599,40	-	530,59	68,81
Sais (kg/h)	186,90	-	-	-
Palhas (kg/h)	375,00	-	-	-
Impurezas minerais (kg/h)	37,50	-	-	-

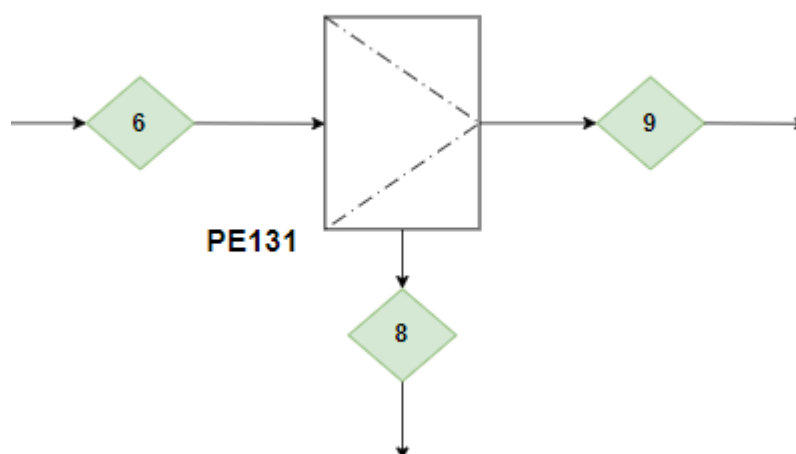
Fonte: Autoria Própria (2020).

Vale ressaltar que o bagaço presente na corrente 7 será destinado para o setor de utilidades da destilaria, sendo anteriormente estocado na área da moenda, para posterior direcionamento.

9.1.3. Área 130: Peneiramento

O processo de peneiramento é de suma importância para evitar problemas como entupimentos de canalizações, tubulações de aquecimento, bombas, evaporadores, incrustações entre outros (MARAFANTE, 1993). A Figura 21 traz a representação da peneira (PE131) e suas respectivas correntes.

Figura 21 - Esquema do Peneiramento.



LEGENDA	
06	Caldo bruto
08	Caldo peneirado
09	Bagacilho

Fonte: Autoria Própria (2021).

A eficiência de peneiramento da *Aqua Vitae* será de 85%. Já o calor perdido nesta etapa do processo, de acordo com o balanço energético, será de 104.006 kJ/h (5,6%) acarretando uma leve queda de temperatura do caldo para 32,7 °C.

As temperaturas, pressões e vazões mássicas dos componentes de cada corrente do peneiramento do caldo bruto ilustrado na Figura 19, estão apresentadas na Tabela 13.

Tabela 13 - Vazões mássicas e condições das correntes no Peneiramento.

CORRENTE	6	8	9
Temperatura (°C)	34,6	32,7	32,7
Pressão (atm)	1	1	1
Vazão Total (kg/h)	13.665,47	13.591,87	73,60
POR COMPONENTE			
Água (kg/h)	11.502,29	11.495,44	6,85
Fibras (kg/h)	53,72	8,06	45,66
ART (kg/h)	1.578,88	1.563,09	15,79
Outros (kg/h)	530,59	525,28	5,31

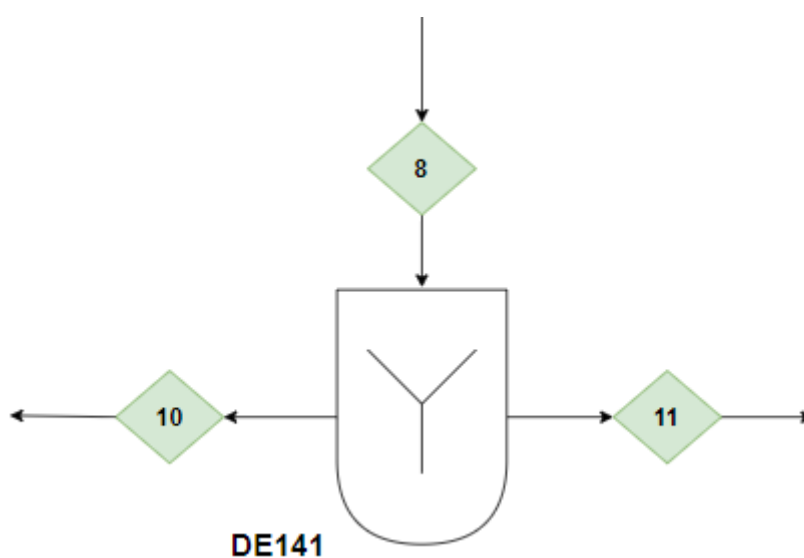
Fonte: Autoria Própria (2020).

Assim como o bagaço gerado na moagem, parte do bagacilho desta etapa também será reaproveitado sendo destinado ao setor 500 da *Aqua Vitae*.

9.1.4. Área 140: Decantador

Com o intuito de separar as impurezas menores que não foram eliminadas do caldo no peneiramento e que poderão prejudicar a fermentação, será feita a decantação (VENTURI FILHO, 2016). Na decantação faz-se uso da caleação, porém a quantidade de cal adicionada é mínima em relação à vazão de caldo, segundo Albuquerque(2005) na faixa de 500-1000 g por tonelada de cana moída, a ponto de ser desconsiderada nos balanços materiais. Além disso, o decantador (DE141) da *Aqua Vitae* operará com eficiência de 97%, a qual 10% do caldo se tornará lodo (ALBUQUERQUE, 2005). A Figura 22 ilustra essa etapa do processo.

Figura 22 - Esquema da Decantação.



LEGENDA

- 08 Caldo peneirado
- 10 Caldo claro
- 11 Lodo

Fonte: Autoria Própria (2021).

Nesta etapa do processo ocorrerá uma perda de calor de 67.294 kJ/h, o equivalente a 4% resultando em uma queda na temperatura da corrente para 31,4 °C.

As relações mássicas, seus componentes e a temperatura e pressão de cada corrente estão dispostos na Tabela 14.

Tabela 14 - Vazões mássicas e condições das correntes na Decantação.

CORRENTE	8	10	11
Temperatura (°C)	32,7	31,4	31,4
Pressão (atm)	1	1	1
Vazão Total (kg/h)	13.591,87	12.232,68	1.359,19
POR COMPONENTE			
Água (kg/h)	11.495,44	10.667,18	828,26
Fibras (kg/h)	8,06	-	-
ART (kg/h)	1.563,09	1.549,50	13,59
Outros (kg/h)	525,28	16,00	517,34

Fonte: Autoria Própria (2020).

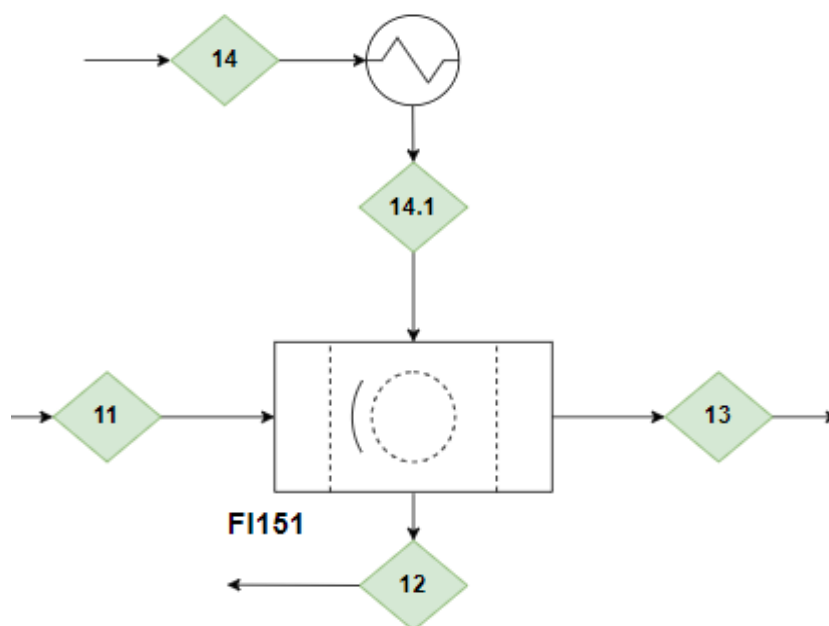
O caldo é destinado a um tanque (TM161), enquanto o lodo é destinado a um filtro (F1151) com o intuito de separar os sais insolúveis.

9.1.5. Área 150: Filtro

O filtro (F1151) da *Aqua Vitae* será do tipo tambor rotativo a vácuo que operará com uma eficiência de 97% com o objetivo de promover a recuperação do caldo presente no lodo formado no decantador. Esse processo é feito por meio de uma diluição a uma proporção de 50% em massa de água adicionada em relação ao lodo alimentado no filtro.

A água de diluição utilizada nesta etapa é previamente aquecida por um trocador de calor sendo necessários 167.403,23 kJ/h para que a temperatura da água seja elevada da temperatura ambiente à 80°C (SANTOS, 2009). Além disso, ocorre uma perda de calor de 6.777 kJ/h do filtro para o ambiente. A Figura 23 ilustra essa etapa do processo.

Figura 23 - Esquema da Filtração.



LEGENDA

- 11 Lodo
 12 Caldo Recuperado
 13 Torta de Filtro
 14/14.1 Água

Fonte: Autoria Própria (2021).

O caldo recuperado na etapa de filtração passa novamente pela decantação e a torta formada (corrente 13), com 50% de umidade e 99% de componentes não fermentáveis, é destinada como adubo para as lavouras de cana-de-açúcar fornecedoras da *Aqua Vitae* (ALBUQUERQUE, 2005). Na Tabela 15 apresenta-se o balanço material por componente, com as respectivas temperaturas e pressões deste sistema de filtração.

Tabela 15 - Vazões mássicas e condições das correntes no Filtro.

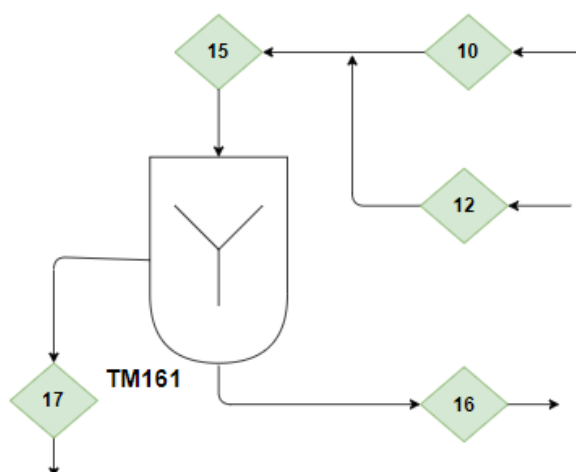
CORRENTE	11	12	13	14.1
Temperatura (°C)	31,4	37,8	37,8	80
Pressão (atm)	1	1	1	1
Vazão Total (kg/h)	1.359,19	932,82	1.105,96	679,59
POR COMPONENTE				
Água (kg/h)	828,26	903,84	604,01	679,59
ART (kg/h)	13,59	13,46	0,14	-
Outros (kg/h)	517,34	15,52	501,82	-

Fonte: Autoria Própria (2020).

9.1.6. Área 160: Tanque de mistura dos caldos

Dando sequência ao processo, ocorre a junção dos caldos provenientes das correntes 10 (decantador) e 12 (filtro) (Figura 24).

Figura 24 - Esquema do Tanque de Mistura.



LEGENDA

- 15 Junção das correntes 10 e 12
- 16 Fração para produção de xarope
- 17 Fração para produção do mosto

Fonte: Autoria Própria (2021).

Como se trata apenas de um processo de mistura, um balanço material mostra que ocorre somente a soma das correntes, agora representada pela corrente 15, sendo assim sem mudança de composição, conforme apresentado na Tabela 16.

Tabela 16 - Vazões mássicas e condições das correntes no Tanque de Mistura.

CORRENTE	15	16	17
Temperatura (°C)	29,03	29,03	29,03
Pressão (atm)	1	1	1
Vazão Total (kg/h)	13.165,50	6.582,75	6.582,75
POR COMPONENTE			
Água (kg/h)	11.571,02	5.785,51	5.785,51
ART (kg/h)	1.562,96	781,48	781,48
Outros (kg/h)	31,52	15,76	15,76

Fonte: Autoria Própria (2020).

Como evidenciado na Tabela 16, 50% do produto formado a partir da mistura dos caldos segue para as fases de diluição e correção do caldo extraído, enquanto a outra parte é destinada para a etapa de evaporação formando o xarope, matéria-prima nos períodos de entressafra (VENTURI FILHO, 2016).

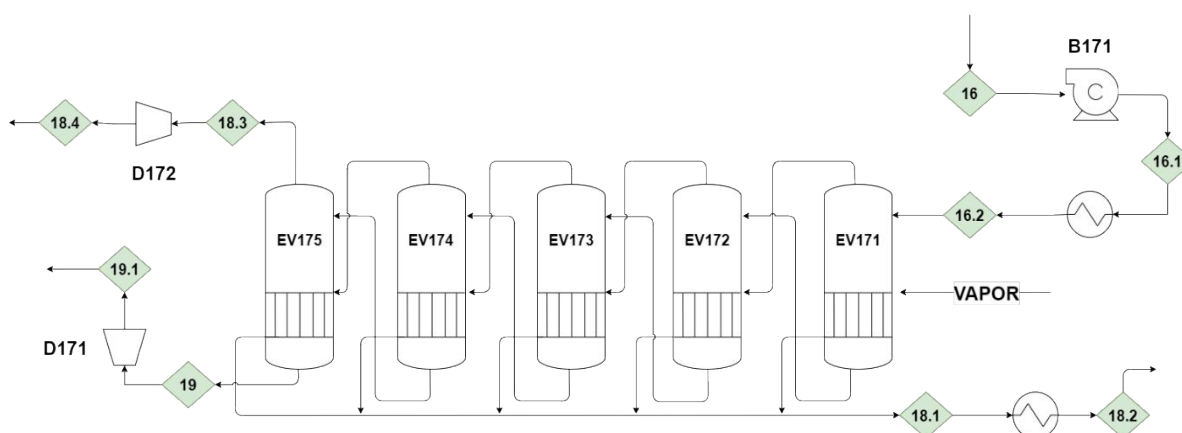
9.1.7. ÁREA 170: Evaporador

A fim de adequar a corrente de alimentação do evaporador, o caldo passa primeiro por uma bomba centrífuga (B171) com eficiência de 80%, que utiliza 267,98 kJ/h de energia para elevar a pressão da corrente 16 a 1,34 atm, dando origem à corrente 16.1. Essa corrente, passa por um trocador de calor capaz de pré-aquecer o caldo a uma temperatura de 90°C, por meio de 1.560.727,47 kJ/h de energia fornecida (corrente 16.2).

Com as condições de operação ajustadas, a corrente 16.2 entra em um Sistema de Evaporador por Múltiplos Efeitos (EME), composto por 5 módulos (EV171 a EV175) operando com uma eficiência de 88% (Figura 25).

Nesta etapa ocorrerá a elevação do °Brix (teor de açúcar) do caldo clarificado de 12° a 65°, a fim de formar o xarope que servirá como matéria-prima para a produção das bebidas no período entressafra.

Figura 25 - Esquema do processo de Evaporação.



LEGENDA

16.2	Caldo
18.1/18.2	Líquido saturado
18.3/18.4	Vapor saturado
19/19.1	Xarope

Fonte: Autoria Própria (2021).

O processo de evaporação se inicia no primeiro módulo, onde a temperatura é elevada a 108,81 °C ao fornecer 2.877,648 MJ/h de energia provenientes de vapor da caldeiraria. Vale ressaltar que, apenas o primeiro estágio receberá vapor diretamente do setor de utilidades, sendo necessária uma vazão de 5.380,48 kg/h de vapor saturado. Com isso, os demais estágios serão alimentados com vapor gerado correspondente ao estágio anterior ocasionando assim em uma queda de temperatura e de pressão entre elas. Considerou-se uma perda de vapor de 1.076,10 kg/h por estágio.

Desta forma, a energia total a ser utilizada para a produção do xarope é em torno de 12.166,253 MJ/h. As condições de operação e vazões correspondentes a cada estágio do EME da *Aqua Vitae*, estão dispostos da Tabela 17. Os Cálculos referentes ao BM e BE dos evaporadores foram feitos por meio do memorial de cálculo descrito no Apêndice A3.

Tabela 17 – Propriedades de cada módulo do Evaporador.

Propriedades	EV171	EV172	EV173	EV174	EV175
Temperatura (°C)	108,81	101,36	84,52	77,70	48,93
Pressão (atm)	1,34	1,03	0,72	0,41	0,10
Vazão de vapor (kg/h)	1076,10	1076,10	1076,10	1076,10	1076,10
Vazão de concentrado (kg/h)	5506,65	4430,56	3354,46	2278,37	1202,27
°Brix	14,19%	17,64%	23,30%	34,30%	65,00%

Fonte: Autoria Própria (2020).

A fim de fornecer energia ao caldo e dar o start no processo de evaporação, é alimentado no primeiro módulo, vapor saturado – proveniente do setor 600 – a 115 °C e 1,65 atm. Contudo, ao sair de cada módulo, o recuperado se encontra nas condições de líquido saturado compondo a corrente 18.1. Essa corrente, passará por um trocador de calor, com a capacidade de remover 13.032,59 MkJ/h de energia reduzindo sua temperatura para as condições ambiente (corrente 18.2). Já a corrente 18.3 representa a saída de vapor no EV175, na condição de vapor saturado que passará pelo difusor adiabático (D172) para elevar sua pressão de 0,1 atm até 1 atm (corrente 18.4).

Ao sair do último estágio do evaporador, o xarope (corrente 19) precisará passar por alguns ajustes de temperatura e pressão dando origem à corrente 19.1. Sendo assim, inicialmente passará por um difusor adiabático (D171) com o intuito de elevar a pressão da corrente até 1 atm. Em seguida a corrente será encaminhada para o tanque de armazenamento de xarope (TA176) hermeticamente fechado, evitando qualquer tipo de contaminação microbiológica. A Tabela 18 traz os valores obtidos dos balanços de massa e energia no EME.

Tabela 18 - Vazões mássicas e condições das correntes no EME.

CORRENTE	16.2	18.3	18.1	19.1
Temperatura (°C)	90	48,94	93,12	48,94
Pressão (atm)	1,34	0,10	0,10	0,10
Vazão Total (kg/h)	6.582,75	1076,1	4.304,38	1.202,27
POR COMPONENTE				
Água (kg/h)	5.785,51	1076,1	4.304,38	405,04
ART (kg/h)	781,48	-	-	781,48
Outros (kg/h)	15,76	-	-	15,76
°Brix (%)	11,87	-	-	65,00

Fonte: Autoria Própria (2020).

Como o xarope ficará armazenado durante todo o período de safra, considerou-se ocorrerá a diminuição da temperatura até atingir condições de equilíbrio (21,2°C) pela perda de 85.160,44 kJ/h de energia para o ambiente, havendo a necessidade de um trocador de calor para ajustar as condições operacionais da fermentação, ou seja, a 38°C. Esse trocador fornecerá um calor de 51.585,12 kJ/h para a corrente 19.1.

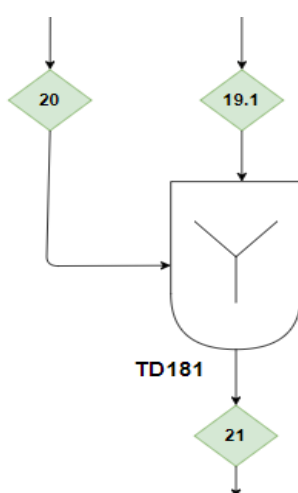
9.1.8. Área 180: Diluição

Dando continuidade ao processo, parte do caldo será corrigido e diluído antes de passar para o próximo setor, isso será feito visando a adaptação às condições favoráveis para a etapa de fermentação.

Dessa forma é indicado que o mosto apresente um teor de açúcar de aproximadamente 12° Brix (ALBUQUERQUE, 2005). A corrente 17, indicada na Tabela 15, já se encontra na concentração adequada, sendo encaminhada diretamente ao setor 200.

Já a corrente 19.1, que representa o xarope, deverá ser encaminhado a tanques de diluição (TD181) adiabático a fim de reduzir o °Brix de 65% para 12% (Figura 26).

Figura 26 - Esquema do Tanque de Diluição.



LEGENDA

- 19.1 Xarope
- 20 Água para diluição
- 21 Mosto

Fonte: Autoria Própria (2021).

A quantidade de água a ser utilizada, representada pela corrente 20, foi estimada de acordo com as condições requeridas de saída do processo, ou seja, para produzir um caldo de mesma característica que no período de safra. A Tabela 19 traz a quantidade de água necessária para a diluição e as composições das correntes envolvidas nessa etapa.

Tabela 19 - Vazões mássicas e condições das correntes no Tanque de Diluição.

CORRENTE	19.1	21	20
Temperatura (°C)	38	38	38
Pressão (atm)	1	1	1
Vazão Total (kg/h)	1.218,03	6.582,77	5.364,73
POR COMPONENTE			
Água (kg/h)	420,80	5.785,53	5.364,73
ART (kg/h)	781,48	781,48	-
Outros (kg/h)	15,76	15,76	-
°Brix (%)	65,0	11,9	-

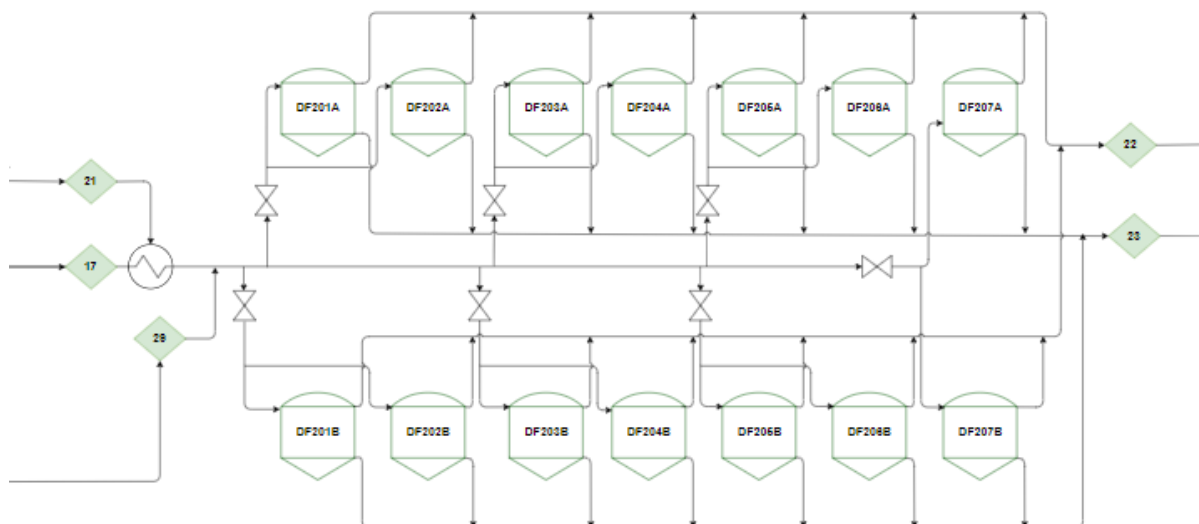
Fonte: Autoria Própria (2020).

Assim, individualmente e em determinada época, o caldo e o xarope diluído passam para a etapa de fermentação que corresponde ao setor 200 da *Aqua Vitae*.

9.2. Setor 200 - Fermentação

No setor 200, as correntes 17 e 21 seguem para as um sistema composto de 14 dornas dando início ao processo de fermentação, de acordo com o período de safra e entressafra, conforme ilustrado na Figura 27.

Figura 27 - Esquema da dorna de fermentação.



LEGENDA

17/21	Mosto
22	Gases da fermentação
23	Vinho bruto
29	Levedura tratada

Fonte: Autoria Própria (2021).

Para os cálculos deste setor, utilizou-se os parâmetros segundo Towler e Sinnott (2012), presentes na Tabela 20.

Tabela 20 - Parâmetros do Processo de Fermentação.

PRODUTOS	% (m/m)
Etanol	44,33%
CO ₂	48,40%
Sólidos	0,54%
Fermento	2,1%
Subprodutos	4,37%
Óleo fúsel	0,26%

Fonte: TOWLER; SINNOTT (2020).

A *Aqua Vitae* realizará o processo de fermentação a 38°C, com uma concentração de levedura de 3% (m/m) e um grau Brix de 16% dentro das dornas de fermentação com uma conversão de açúcares de 98,5% (TOWLER; SINNOTT, 2020).

Devido à reação de conversão de açúcares em etanol ser exotérmica, verificou-se que durante o processo fermentativo a quantidade de calor produzida neste processo é de 4.523.892,59 kJ/h.

Desta forma, obteve-se os resultados presentes na Tabela 21, em que se considerou as mesmas condições em todas as dornas.

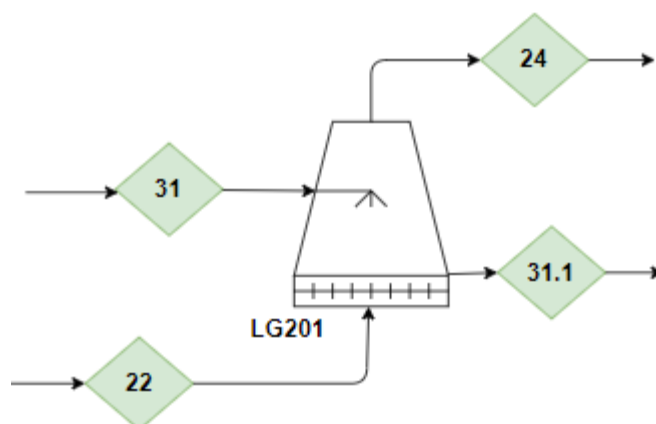
Tabela 21 - Vazões mássicas e condições das correntes nas dornas de fermentação.

CORRENTE	17/21	22	23	29
Temperatura (°C)	38	38	38	38
Pressão (atm)	1	1	1	1
Vazão Total (kg/h)	6.582,75	738,24	8.310,72	2.466,20
POR COMPONENTE				
Água (kg/h)	5.785,51	20,54	6.383,40	618,43
ART (kg/h)	781,48	-	1.201,50	438,32
Fermento (kg/h)	-	-	249,32	1.380,55
Etanol (kg/h)	-	127,31	413,43	12,67
CO ₂ (kg/h)	-	590,38	-	-
Subprodutos (kg/h)	-	-	53,31	11,62
Óleo fúsel	-	-	3,17	1,53
Sólidos	15,76	-	6,59	3,08
°Brix(%)	11,9	-	16	-

Fonte: Autoria Própria (2021).

Em virtude da perda de etanol que ocorre na forma de vapor gerada na fermentação, a *Aqua Vitae* encaminhará a corrente 22 para um lavador de gases (LG201) a fim de recuperar esta parcela perdida, conforme ilustrado na Figura 28.

Figura 28 - Esquema do Lavador de Gases.



LEGENDA	
22	Gases da fermentação
24	CO ₂
31	Água de lavagem
31.1	Mistura de etanol e água

Fonte: Autoria Própria (2021).

Para o cálculo das vazões mássicas dos vapores formados na dorna de fermentação (corrente 22), utilizou-se os valores das constantes de Antoine presente na Tabela 22.

Tabela 22 - Valores das constantes de Antoine a pressão de 101,3 kPa.

COMPONENTES	A	B	C
H ₂ O	16,3872	3885,70	230,17
Etanol	16,8958	3795,17	230,91

Fonte: SMITH *et al.* (2007).

Segundo Calvert (1984), o volume de água utilizado para o tratamento da corrente de vapor em um lavador de gases do tipo bandeja é dado na relação de 0,26 - 0,39 litros de água por m³ de gás. A partir desta relação efetuou-se o balanço de massa no lavador encontrando os valores dispostos na Tabela 23.

Tabela 23 - Vazões mássicas e condições das correntes no lavador de gases.

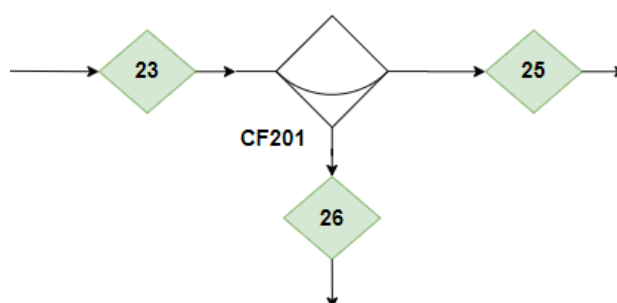
CORRENTE	22	31	31.1	24
Temperatura (°C)	38	21,2	25,8	25,8
Pressão (atm)	1	1	1	1
Vazão Total (kg/h)	738,24	423,95	571,80	590,38
POR COMPONENTE				
Água (kg/h)	20,54	423,95	444,49	-
ART (kg/h)	-	-	-	-
Fermento (kg/h)	-	-	-	-
Etanol (kg/h)	127,31	-	127,31	-
CO ₂ (kg/h)	590,38	-	-	590,38
Subprodutos (kg/h)	-	-	-	-
Óleo fúsel	-	-	-	-
Sólidos	-	-	-	-

Fonte: Autoria Própria (2021).

Devido à baixa solubilidade do CO₂ em água, assumiu-se que todo gás carbônico gerado na fermentação irá ser removido integralmente pela corrente 24.

Dando sequência no processo, a corrente 23 seguirá para centrífuga (CF201) de 97% de eficiência, a fim de separar as células de levedura em suspensão no vinho, tornando-o delevedurado (corrente 25) e retornarem para o processo de fermentação, conforme esquematizado na Figura 29.

Figura 29 - Esquema da Centrífuga.



LEGENDA

- 23 Vinho bruto
- 25 Vinho delevedurado
- 26 Leite de leveduras

Fonte: Autoria Própria (2021)

O balanço material desta etapa encontra-se discriminado na Tabela 24.

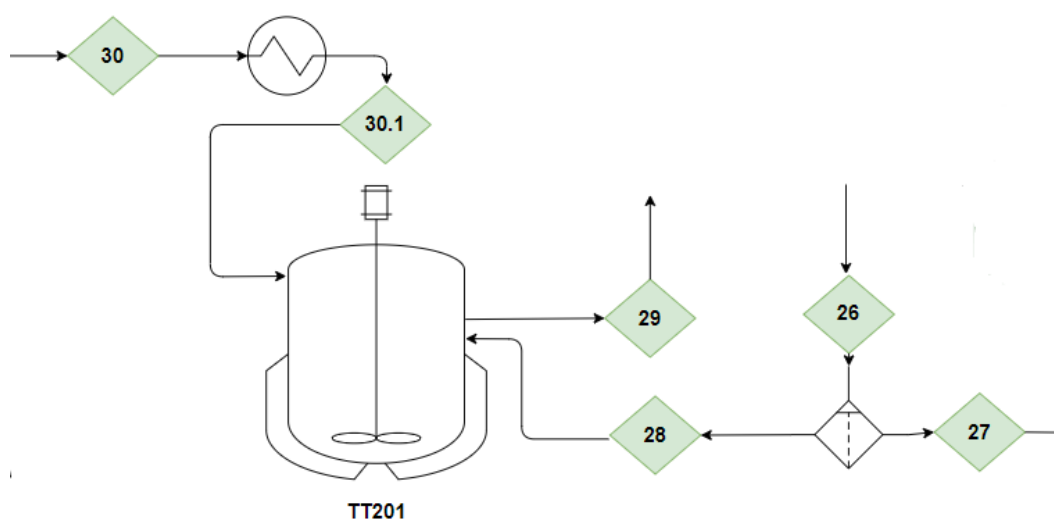
Tabela 24 - Vazões mássicas e condições das correntes na centrífuga.

CORRENTE	23	25	26
Temperatura (°C)	38	37,2	37,2
Pressão (atm)	1	1	1
Vazão Total (kg/h)	8.310,72	5.957,08	2.353,63
POR COMPONENTE			
Água (kg/h)	6.383,40	5.241,46	1.141,95
ART (kg/h)	1.201,50	291,65	909,85
Fermento (kg/h)	249,32	7,48	241,84
Etanol (kg/h)	413,43	387,12	26,31
CO ₂ (kg/h)	-	70,00	-
Subprodutos (kg/h)	53,31	29,18	24,12
Óleo fúsel	3,17	-	3,17
Sólidos	6,59	0,20	6,39

Fonte: Autoria Própria (2021).

A fim de manter na dorna de fermentação as condições de operação, a corrente 26, que contém o leite de levedura, será encaminhada a uma purga que irá direcionar 48,2% para o tanque de tratamento de levedura (TT201) com o objetivo de reaproveitar o fermento, assim como descrito na Figura 30.

Figura 30 - Esquema do Reciclo e Tratamento da Levedura.



LEGENDA

- 26 Leite de Leveduras
- 27 Descarte de Leveduras
- 28 Reciclo de Leveduras
- 29 Levedura tratada
- 30 Fermento fresco

Fonte: Autoria Própria (2021).

Junto ao fermento proveniente do reciclo, é direcionado ao tanque de tratamento uma nova quantidade de fermento fresco (corrente 30), a fim de compor toda corrente 29 que alimentará a dorna, dando início a um novo ciclo fermentativo. Para que as condições de operação ótimas sejam mantidas mesmo com o fermento fresco sendo adicionado, antes do tanque de tratamento ele passa por um trocador de calor para que sua temperatura seja aumentada, sendo necessário para essa operação 115.881 kJ/h.

Além disso, considerou-se no tanque de tratamento de leveduras uma perda de calor de 14.584,13 kJ/h, visto que é um sistema aberto. Assim, as vazões e condições referentes a este processo apresentam-se na Tabela 25.

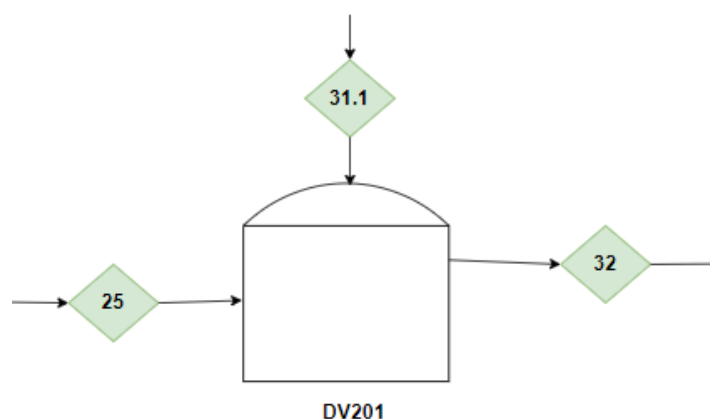
Tabela 25 - Vazões mássicas e condições das correntes no reciclo e no tratamento da levedura.

CORRENTE	26	27	28	29	30
Temperatura (°C)	37,2	36	36	38	42
Pressão (atm)	1	1	1	1	1
Vazão Total (kg/h)	2.353,63	1.219,77	1.133,86	2.466,20	1.332,34
POR COMPONENTE					
Água (kg/h)	1.141,95	591,81	550,13	618,43	68,30
ART (kg/h)	909,85	471,53	438,32	438,32	-
Fermento (kg/h)	241,84	125,33	116,51	1.380,55	1.264,04
Etanol (kg/h)	26,31	13,64	12,67	12,67	-
CO ₂ (kg/h)	-	-	-	-	-
Subprodutos (kg/h)	24,12	12,50	11,62	11,62	-
Óleo fúsel	3,17	1,64	1,53	1,53	-
Sólidos	6,39	3,31	3,08	3,08	-

Fonte: Aatoria Própria (2021).

Em relação ao vinho obtido no processo de separação da centrífuga e a parcela de etanol recuperada pelo lavador de gases, as correntes 25 e 31 são direcionadas a uma dorna volante (DV201), conforme esquematizado na Figura 31, para serem destinados ao processo de destilação.

Figura 31 - Esquema do Tanque Pulmão.



LEGENDA

- 25 Vinho delevedurado
- 31.1 Mistura de etanol e água
- 32 Vinho

Fonte: Aatoria Própria (2021).

Os valores correspondentes das vazões mássicas encontram-se dispostos na Tabela 26.

Tabela 26 - Vazões mássicas e condições das correntes no Tanque Pulmão.

CORRENTE	25	31.1	32
Temperatura (°C)	37,2	25,8	36
Pressão (atm)	1	1	1
Vazão Total (kg/h)	5.957,08	571,80	6.528,89
POR COMPONENTE			
Água (kg/h)	5241,46	444,49	5.685,95
ART (kg/h)	291,65	-	291,65
Fermento (kg/h)	7,48	-	7,48
Etanol (kg/h)	387,12	127,31	514,43
CO ₂ (kg/h)	70,00	-	-
Subprodutos (kg/h)	29,18	-	29,18
Óleo fúsel	-	-	-
Sólidos	0,20	-	0,20

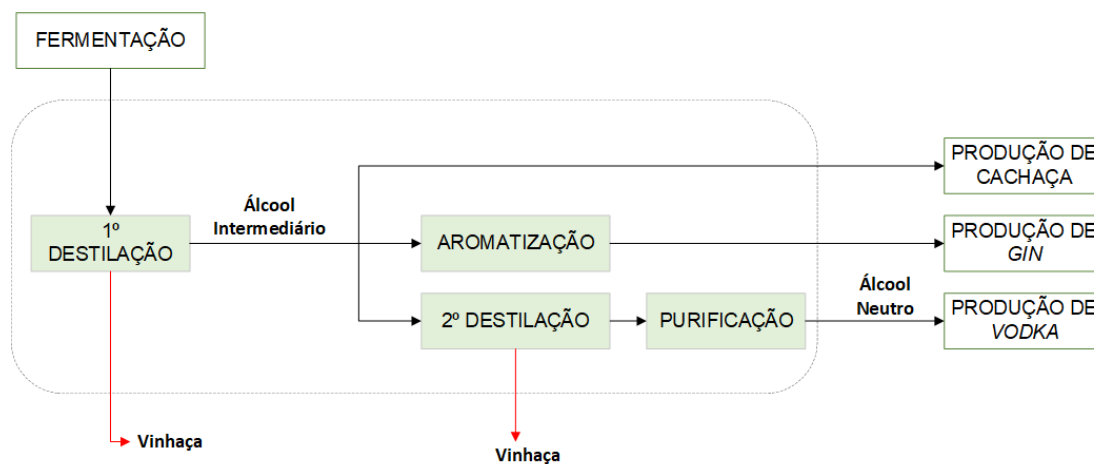
Fonte: Aatoria Própria (2021).

Desta forma, a corrente 32 seguirá para o setor 300 o qual ocorrerá o processo de destilação da *Aqua Vitae*.

9.3. Setor 300 - Destilação

O setor 300 contempla o processo pós-fermentativo e tem por objetivo realizar a concentração de etanol e controle dos congêneres para a fabricação dos destilados *Aqua Vitae*. Assim, para atingir as especificações das bebidas, o setor 300 será subdividido em 3 baterias de acordo com o destilado a ser produzido. O contorno desse projeto encontra-se representado pela Figura 32.

Figura 32 – Subdivisões do Setor 300.



Fonte: Autoria Própria (2021).

As características dos principais produtos gerados: álcool intermediário, álcool neutro e vinhaça, utilizadas nos balanços materiais desta seção foram baseadas no trabalho de Batista et al. (2008) dispostas na Tabela 27.

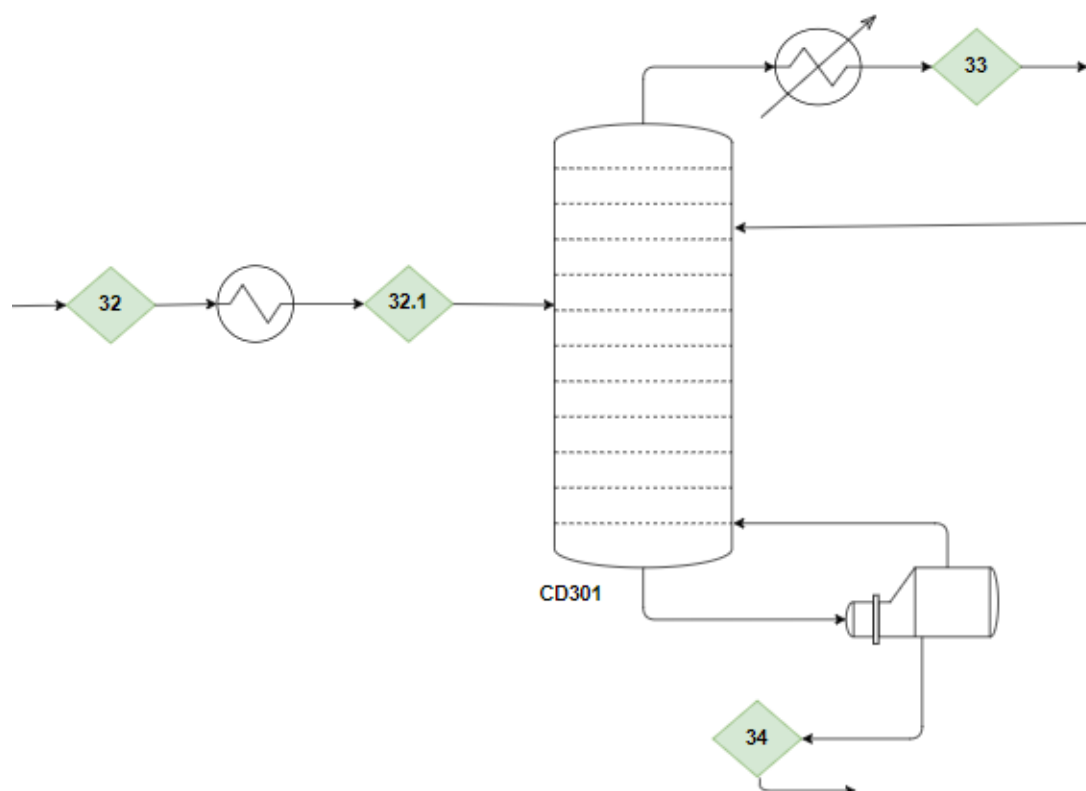
Tabela 27 - Parâmetros do Processo de Destilação.

DESCRIÇÃO	PARÂMETRO
Teor de etanol no produto de fundo	0,02% (m/m)
Teor de etanol no produto de topo (coluna A1)	50% (m/m)
Teor de etanol no produto de topo (coluna A2)	94% (m/m)

Fonte: BATISTA et al. (2008)

Visto isso, a Figura 33 representa o diagrama esquemático da primeira coluna de destilação (CD301) que resultará no primeiro produto de interesse: o álcool intermediário.

Figura 33 - Esquema da Coluna A1.



LEGENDA

- 32/32.1 Vinho
 33 Álcool Intermediário
 34 Vinhaça

Fonte: Autoria Própria (2021).

A vazão de vinho (corrente 32) de 6.528,89 kg/h é aquecida até a temperatura de ponto de bolha da mistura antes de ser alimentada na primeira coluna de destilação (CD301). Esse ajuste da temperatura foi realizado por ser a melhor condição de alimentação em um processo de destilação, evitando gastos desnecessários de energia no pré-aquecimento do vinho dentro da coluna.

Assim, a corrente 32 passará por um trocador de calor que possui uma carga térmica de 1.446.118,52 kJ/h. A corrente 32.1, já em condições ótimas de temperatura, é alimentada na coluna (CD301), onde os vapores alcoólicos gerados são encaminhados para um condensador parcial a fim de se obter 1.026,65 kg/h de uma mistura líquido e vapor (corrente 33). Em seguida, essa corrente será encaminhada para um tanque de separação (TS301), onde ocorrerá uma perda de

2,29% de energia para o ambiente. Enquanto 5.502,23 kg/h de produto de fundo, a vinhaça, (corrente 34) passará por um refeedor que fornecerá uma carga térmica de 660.418,67 kJ/h para a coluna. Os dados e correntes referentes à primeira coluna de destilação e suas respectivas composições estão dispostas na Tabela 28.

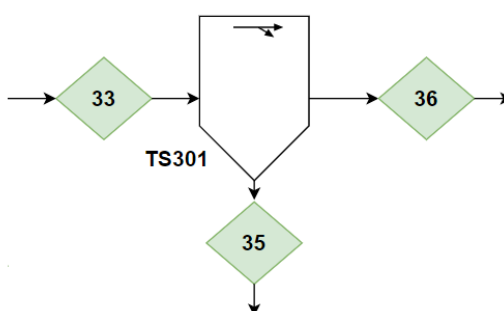
Tabela 28 - Vazões mássicas e condições das correntes na 1ª coluna de destilação.

CORRENTE	32	32.1	33	34	Refluxo	Vapores no topo
Temperatura (°C)	35,94	93,4	72,73	101,33	70	89,79
Pressão (atm)	1	1	1	1	1	1
Vazão Total (kg/h)	6.528,89	6.528,89	1.026,65	5.502,23	5,49	1.026,65
POR COMPONENTE						
Água (kg/h)	5.685,95	5.685,95	212,87	5.473,08	1,14	212,87
ART (kg/h)	291,65	291,65	291,65	-	1,56	291,65
Fermento (kg/h)	7,48	7,48	7,48	-	0,04	7,48
Etanol (kg/h)	514,43	514,43	514,32	0,10	2,75	514,32
Subprodutos (kg/h)	29,18	29,18	0,33	28,86	1,27 E-5	0,33
Sólidos	0,20	0,20	2,38 E-3	0,20	1,27E-05	2,38 E-3

Fonte: Autoria Própria (2021).

A corrente 33, de graduação alcoólica de 50% (m/m) será separada no tanque de separação (TS301) em 99%, compondo os 1.021,14 kg/h de fração líquida (corrente 35) que será destinada para a produção de cachaça e *Vodka*, e em 1% de fração de vapor (corrente 36) que será utilizada para a produção de *Gin*. A Figura 34 apresenta a esquematização das correntes envolvidas no tanque de separação.

Figura 34 - Esquema do tanque de separação.



LEGENDA

- 33 Mistura de líquido e vapor
- 36 Fração de vapor
- 35 Fração de líquido

Fonte: Autoria Própria (2021).

Na Tabela 29 encontram-se dispostos os valores das composições das correntes envolvidas nesse processo.

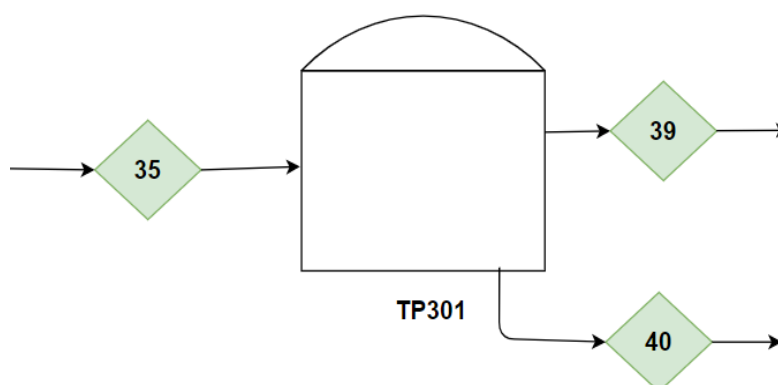
Tabela 29 - Vazões mássicas e condições das correntes no tanque de separação.

CORRENTE	33	35	36
Temperatura (°C)	73,73	70	70
Pressão (atm)	1	1	1
Entalpia (kJ/kg)	153,42	147,31	631,21
Vazão Total (kg/h)	1.026,65	1.021,14	5,51
POR COMPONENTE			
Água (kg/h)	212,87	211,72	1,14
ART (kg/h)	291,65	290,09	1,57
Fermento (kg/h)	7,48	7,44	4,02 E-2
Etanol (kg/h)	514,32	511,56	2,76
Subprodutos (kg/h)	0,33	0,33	1,76 E-3
Sólidos	2,38 E-3	2,4 E-3	1,28 E-5

Fonte: Aatoria Própria (2021).

A corrente 35 será encaminhada a um tanque pulmão onde serão repartidas em duas correntes, a corrente 39 para a produção de cachaça e a corrente 40 para a produção de *Vodka*. Na Figura 35, encontram-se ilustradas as correntes envolvidas nesse processo.

Figura 35 - Esquema do Tanque "Pulmão".



LEGENDA

- 35 Fração Líquida
- 39 Produção de Cachaça
- 40 Produção de *Vodka*

Fonte: Aatoria Própria (2021).

A divisão das correntes se dará de acordo com o percentual de produção de cada item na *Aqua Vitae*, como apontado na Tabela 30.

Tabela 30 - Parâmetros do Processo de Destilação.

PRODUTO	% PRODUÇÃO
Cachaça Prata	62,0
Cachaça Ouro	26,0
<i>Vodka</i>	11,0
<i>Gin</i>	1,00

Fonte: Aatoria Própria (2021).

A porcentagem indicada para produção dos destilados *Aqua Vitae* foi calculada de acordo com as projeções de consumo estudadas na análise de mercado presentes na seção 3 deste trabalho. As vazões correspondentes a cada corrente e suas respectivas composições estão dispostas na Tabela 31.

Tabela 31 - Vazões mássicas e condições das correntes no tanque pulmão.

CORRENTE	35	39	40
Temperatura (°C)	70	70	70
Pressão (atm)	1	1	1
Vazão Total (kg/h)	1.021,14	899,36	116,29
POR COMPONENTE			
Água (kg/h)	211,72	186,47	24,11
ART (kg/h)	290,09	255,49	33,04
Fermento (kg/h)	7,44	6,55	0,85
Etanol (kg/h)	511,56	450,55	58,26
Subprodutos (kg/h)	0,33	0,29	0,04
Sólidos	2,4 E-3	2,08 E-3	2,70 E-4

Fonte: Aatoria Própria (2021).

Dando sequência, a corrente 39 que representa 88% da corrente 36 para a produção de cachaça, será resfriada até a temperatura ambiente (21,2°C) (corrente 39.1) para que possa ser padronizada antes do envelhecimento e/ou envase (no caso da cachaça prata). Esse resfriamento é feito em um trocador de calor em que é necessária a absorção equivalente a 93.719,94 kJ/h de calor da corrente.

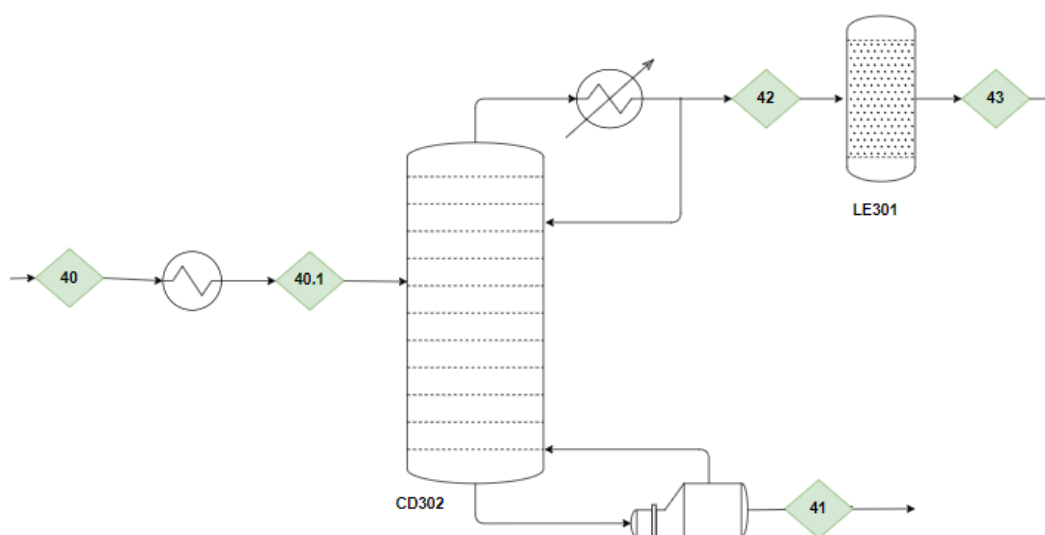
Os 11% destinados à produção de *Vodka* (corrente 40) são aquecidos para poderem entrar em uma segunda coluna de destilação (CD302) em suas condições

ótimas de operação, assim, é fornecido um equivalente a 2.472,04 kJ/kg de calor pelo trocador, para que a corrente atinja a temperatura de ponto de bolha de 79,43°C.

Uma segunda coluna de destilação é utilizada para produzir o álcool neutro, produto de base da *Vodka*. Logo, é necessário elevar o teor alcóolico da corrente 40.1 de 50% para 94% (m/m), concentração regulamentada pelas legislações vigentes. Assim, são produzidos 61,97 kg/h de álcool neutro (corrente 42) como produto de topo e 54,33 kg/h de vinhaça (corrente 41), tendo uma perda de 0,02% (m/m) de etanol nessa operação. Ao contrário da primeira coluna, esta operará com um condensador total que absorverá um equivalente a 4.022,47 kJ/h da corrente de vapores alcoólicos, e um refeedor em sua base, responsável pelo fornecimento de 5.378,34 kJ/h de energia.

As correntes de vinhaça das duas colunas de destilação serão utilizadas na integração energética da indústria (vide seção 11) e em seguida serão encaminhadas para o setor de gestão de resíduos onde irão ser acondicionadas em uma lagoa de estabilização. A Figura 36 traz a esquematização da segunda coluna de destilação.

Figura 36 - Esquema da Produção de *Vodka*.



LEGENDA

- | | |
|---------|--------------------------|
| 40/40.1 | Produção de <i>Vodka</i> |
| 41 | Vinhaça |
| 42 | Álcool neutro |
| 43 | Álcool neutro purificado |

Fonte: Autoria Própria (2021).

Além de uma maior graduação alcoólica, a *Vodka* requer para sua produção um etanol de extrema pureza, sendo então purificado ao passar por um leito recheado com carvão ativado (LE301), onde ocorrerá uma perda 4,68% (530,35 kJ/h) de energia. O intuito desse tratamento é diminuir sua concentração de congêneres e, conseqüentemente, minimizar suas características sensoriais (LACHENMEIER, 2008; VRIESEKOOOP 2018). Para isso, considerou-se uma adsorção de 0,5% (m/m) de etanol e 0,6% (m/m) de subprodutos (LIMA, et al., 2006) no LE301.

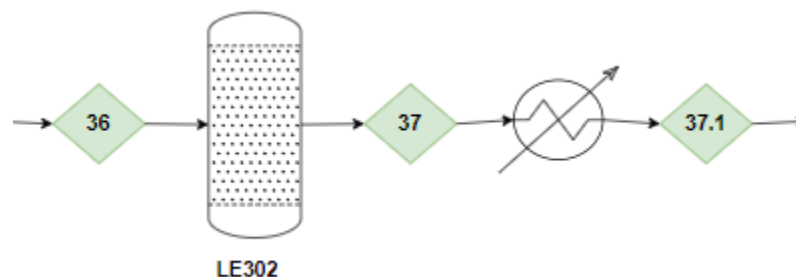
A corrente 43, antes de ser destinada ao setor 400, passará por um trocador de calor que absorverá 3.414,41 kJ/h de energia para que a temperatura seja ajustada para a temperatura ambiente (corrente 43.1) e possa ser enviado para as etapas de padronização e envase. As correntes dessa etapa e suas composições estão dispostas na Tabela 32.

Tabela 32 - Vazões mássicas e condições das correntes na produção de *Vodka*.

CORRENTE	40	40.1	41	42	43	Vapores no topo
Temperatura (°C)	70	79,43	100,67	75,59	72,4	76,45
Pressão (atm)	1	1	1	1	1	1
Vazão Total (kg/h)	116,29	116,29	54,33	61,97	61,64	61,97
POR COMPONENTE						
Água (kg/h)	24,11	24,11	22,44	1,67	1,67	1,67
ART (kg/h)	33,04	33,04	31,03	2,01	2,01	2,01
Fermento (kg/h)	0,85	0,85	0,85	-	-	-
Etanol (kg/h)	58,26	58,26	0,01	58,25	57,96	58,25
Subprodutos (kg/h)	0,04	0,04	-	0,04	2,35 E-05	0,04
Sólidos	2,70 E-04	2,70 E-04	2,70 E-04	-	-	-

Fonte: Autoria Própria (2021).

A corrente 36, no estado de vapor, corresponde à produção que será destinada ao *Gin*. Essa seguirá para um leito recheado de botânicos (LE302) onde ocorrerá a aromatização no álcool, trazendo as características sensoriais necessárias ao produto. Nesta etapa pode ocorrer uma pequena perda de calor de 30,14 kJ/h. Posteriormente, o vapor com grande carga sensorial (corrente 37) devido à extração das essências dos botânicos (VRIESEKOOOP, 2018), será condensado para que possa ser encaminhado ao próximo setor. A carga térmica do condensador foi de 3.213,10 kJ/h. O diagrama esquemático desse processo está representado na Figura 37.

Figura 37 - Esquema da Produção de *Gin*.

LEGENDA	
36	Fração de vapor
37	Vapores aromatizados
37.1	Produção de <i>Gin</i>

Fonte: Autoria Própria (2021).

Vale ressaltar que a influência na composição da corrente 36 relacionada aos processos intrínsecos da extração das essências entre os vapores alcoólicos e os botânicos é extremamente pequena em relação aos demais que ocorrem no processo, sendo desta forma, considerados desprezíveis para o balanço (BORTOLUZZI; FREIRE; FERREIRA; IKEDA, 2020). A Tabela 33 expressa os valores correspondentes a cada corrente e seus componentes.

Tabela 33 - Vazões mássicas e condições das correntes na produção de *Gin*.

CORRENTE	36	37	37.1
Temperatura (°C)	70	66,8	21,2
Pressão (atm)	1	1	1
Vazão Total (kg/h)	5,51	5,51	5,51
POR COMPONENTE			
Água (kg/h)	1,14	1,14	1,14
ART (kg/h)	1,57	1,57	1,57
Fermento (kg/h)	4,02 E-2	4,02 E-2	4,02 E-2
Etanol (kg/h)	2,76	2,76	2,76
Subprodutos (kg/h)	1,76 E-3	1,76 E-3	1,76 E-3
Sólidos	1,28 E-5	1,28 E-5	1,28 E-5

Fonte: Autoria Própria (2021).

A quantidade e os botânicos utilizados para a aromatização do *Gin* é o que caracteriza e diferencia cada marca dessa bebida. Dessa forma, a quantidade de botânicos utilizada será determinada posteriormente, por método experimental, até

que se obtenha uma bebida com as características desejadas pela *Aqua Vitae*, porém, em todos os casos, a quantidade de botânicos é sempre muito pequena em relação à quantidade de álcool produzido e, portanto, estimou-se que será utilizada uma quantidade anual de 500 kg de botânicos.

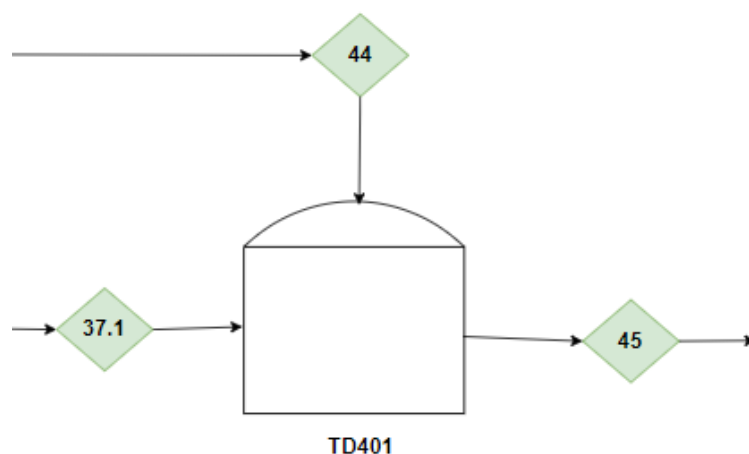
Assim, as correntes 39.1, 37.1 e 43.1, correspondentes às produções de *Gin*, cachaça e *Vodka*, respectivamente a 21,2°C, serão encaminhadas ao setor 400, onde ocorrerá a padronização e envase, visando atendimento dos limites estabelecidos na Tabela 10 na seção 7.2 deste trabalho.

9.4. Setor 400 - Padronização

As bebidas vindas da destilação, após passarem pelo período de descanso, serão padronizadas para atingir o teor alcoólico de 40% (v/v), conforme os critérios de exigência da legislação brasileira, utilizando-se para tal a água desmineralizada fornecida pelo setor de utilidades.

A determinação da quantidade de água de diluição necessária para a obtenção do teor alcoólico final foi feita fazendo uso da densidade dos destilados para converter %(m/m) calculada nos balanços materiais para %(v/v) desejada para fins de comercialização. Segundo MAPA (1986), a densidade da cachaça a 20°C com 40% (v/v) de etanol é dada por 0,94973 g/mL. Considerou-se a mesma densidade para as bebidas *Vodka*, *Gin*, uma vez que, não há diferenças significativas em suas composições.

O processo de diluição foi repetido para todas as bebidas levando em conta seus parâmetros correspondentes e visando um mesmo teor alcoólico de 33,23% m/m (equivalente a 40% v/v), padrão da *Aqua Vitae*. A Figura 38 ilustra como será feito o procedimento de diluição para o *Gin*.

Figura 38 - Esquema da padronização de *Gin*.

LEGENDA	
37.1	Produção de <i>Gin</i>
44	Água de diluição
45	<i>Gin</i>

Fonte: Autoria Própria (2021).

Assim, para a correção do teor alcoólico desta bebida, ocorrerá a adição de água por meio da corrente 44 com uma vazão mássica de 2,8 kg/h de água, conforme mostrado na Tabela 34.

Tabela 34 - Vazões mássicas e condições das correntes na padronização de *Gin*.

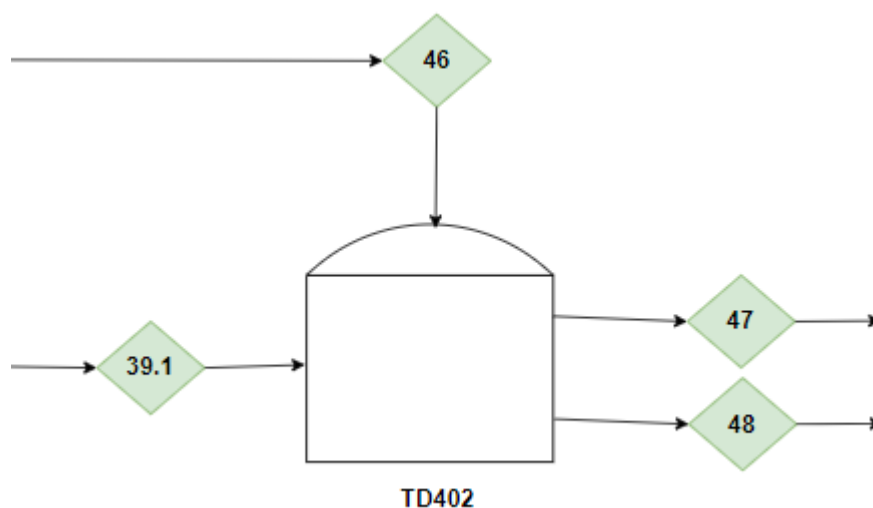
CORRENTE	37.1	44	45
Temperatura (°C)	21,2	21,2	21,2
Pressão (atm)	1	1	1
Vazão Total (kg/h)	5,51	2,8	8,31
POR COMPONENTE			
Água (kg/h)	1,14	2,8	3,94
Etanol (kg/h)	2,76	-	2,76
Outros (kg/h)	1,61	-	1,61
%etanol (m/m)	50%	-	33,23%

Fonte: Autoria Própria (2021).

A fim de padronizar a corrente 39.1, para a produção das cachaças, será necessária a utilização de uma vazão mássica de 456,49 kg/h de água desmineralizada. Depois de padronizada, 50% da parcela de cachaça será destinada à produção de cachaça ouro (corrente 47) a qual será armazenada em barris de

madeira para seu envelhecimento, e somente após ser envelhecida ela será enviada para o envase. Enquanto os demais 50% serão destinados ao envase da cachaça prata (corrente 48). A esquematização deste processo encontra-se na Figura 39.

Figura 39 - Esquema da padronização de Cachaça Prata e Ouro.



LEGENDA

- 39.1 Produção de Cachaça
46 Água de diluição
47 Cachaça Ouro
48 Cachaça Prata

Fonte: Autoria Própria (2021).

Sendo assim, a água será adicionada na corrente 46 em uma vazão mássica de 456,49 kg/h, como mostra a Tabela 35.

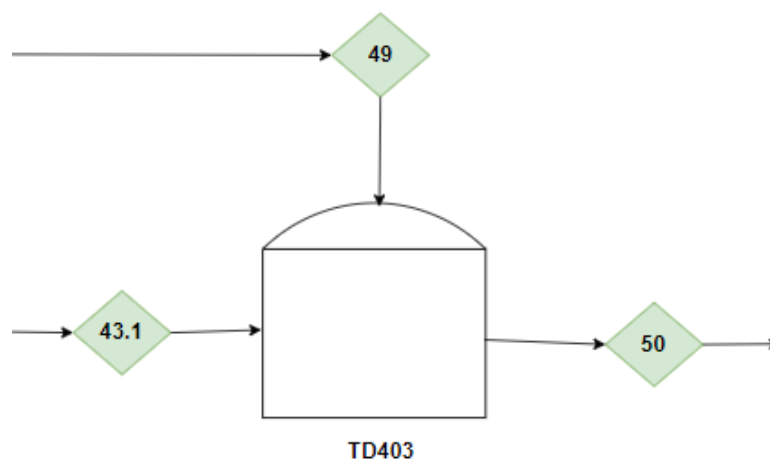
Tabela 35 - Vazões mássicas e condições das correntes na padronização de cachaça prata e ouro.

CORRENTE	39.1	46	47	48
Temperatura (°C)	21,2	21,2	21,2	21,2
Pressão (atm)	1	1	1	1
Vazão Total (kg/h)	899,36	456,49	677,92	677,92
POR COMPONENTE				
Água (kg/h)	186,47	456,49	321,48	321,48
Etanol (kg/h)	450,55	-	225,28	225,28
Outros (kg/h)	262,33	-	131,17	131,17
%etanol (m/m)	50%	-	33,23%	33,23%

Fonte: Autoria Própria (2021).

Para a padronização da *Vodka* será adicionada 112,77 kg/h de água por meio da corrente 51, conforme ilustrado na Figura 40.

Figura 40 - Esquema da Padronização de *Vodka*.



LEGENDA

43.1 Álcool neutro purificado

49 Água de diluição

50 *Vodka*

Fonte: Autoria Própria (2021).

As vazões correspondentes ao tanque de padronização desta bebida estão dispostas na Tabela 36.

Tabela 36 - Vazões mássicas e condições das correntes na padronização de *Vodka*.

CORRENTE	43.1	49	50
Temperatura (°C)	21,2	21,2	21,2
Pressão (atm)	1	1	1
Vazão Total (kg/h)	61,64	112,77	174,41
POR COMPONENTE			
Água (kg/h)	1,67	112,77	114,44
Etanol (kg/h)	57,96	0	57,96
Outros (kg/h)	2,01	0	2,01
%etanol (m/m)	94%	-	33,23%

Fonte: Autoria Própria (2021).

Após a padronização e o envelhecimento, todas as bebidas destiladas serão encaminhadas para o processo de envase, ressalva para cachaça ouro que será

envelhecida por 2 anos. A *Aqua Vitae* comercializará os produtos (cachaça ouro, prata, *Vodka* e *Gin*) em garrafas de vidro de 750mL, gerando uma produção anual de 3,8 milhões de garrafas de cachaça prata, 3,8 milhões de garrafas de cachaça ouro, 987 mil garrafas de *Vodka* e 47 mil garrafas de *Gin*.

9.5. Setor 500 – Utilidades

Os BM e BE referentes ao setor de utilidades, mais especificamente as áreas: 510 (Caldeiraria) e 530 (Sistema de Refrigeração), serão abordados nas seções 12 e 13 deste trabalho para um melhor entendimento, uma vez que seus resultados são dependes do BE e da integração energética da *Aqua Vitae*.

10. PROJETO INDUSTRIAL

Para o entendimento e exemplificação da produção da *Aqua Vitae*, esquematizou-se a hierarquia do processo por meio do diagrama de cebola presente na Figura 41.

Figura 41 - Diagrama de Cebola.



Fonte: Autoria Própria (2021).

Por meio desse diagrama, as dornas de fermentação, colunas de destilação e o processo de *blend* indicam as etapas mais críticas da produção por estarem representadas nas camadas mais internas. São nessas etapas que toda a equipe *Aqua Vitae* manterá esforços para manter as condições operacionais ótimas para retornarem produtos e subprodutos de qualidade que participam da geração de valor para a indústria.

Em seguida, destacam-se o sistema de integração energética onde oferece oportunidades de redução de custos e também, as utilidades, que consistem na

produção *in loco* de fluidos que serão utilizados para realizar trocas térmicas dentro do processo. Por fim, nas camadas mais externas, a *Aqua Vitae* visa o tratamento de água e efluentes que ressaltam o comprometimento da empresa como desenvolvimento sustentável e o cuidado com os maquinários do processo.

11. INTEGRAÇÃO ENERGÉTICA AQUA VITAE

A fim de buscar uma redução do consumo energético ao projeto da destilaria, a *Aqua Vitae*, utilizará como alternativa para reaproveitar a energia do processo industrial, a integração energética.

O método de integração energética a ser utilizado pela *Aqua Vitae* é o Método do ponto de estrangulamento energético (MPE), conhecido popularmente como Método Pinch, proposto por Linhoff e Hindmarsh (1993). O método Pinch tem por objetivo adotar uma rede de trocadores de calor utilizando as próprias correntes quentes e frias do processo – definidas a partir do BE – de modo a alcançar o consumo mínimo de utilidades externas para o aquecimento e resfriamento das correntes do processo (CRUZ, 2019).

Desta maneira, o MPE é um método manual e heurístico, baseado na 1ª e na 2ª leis da termodinâmica que adota uma força motriz (ΔT_{min}) previamente fixada, que representa um “gargalo” para a transferência de calor, representado pelo ponto de Pinch que é o ponto mais próximo entre as curvas compostas quentes e frias no processo (PALACIOS BERECHÉ, 2011).

Vale ressaltar que o método visa a viabilidade do projeto em termos de energia e consumo de utilidades e não nos custos de aquisição dos trocadores de calor e de síntese de rede de trocadores de calor.

A *Aqua Vitae*, buscando uma maior recuperação energética, irá realizar o método Pinch para os setores 100 e as demais áreas separadamente, uma vez que o tempo de operação do setor 100 se dará apenas nos períodos de safra.

11.1. Integração Energética Setor 100

A partir do levantamento das correntes quentes e frias, ou seja, as correntes que necessitam de resfriamento e aquecimento, no processo envolvido no setor 100, selecionou-se 6 correntes para a integração energética. As propriedades dessas correntes encontram-se na Tabela 37.

Tabela 37 - Propriedades das correntes quentes e frias do setor 100.

Corrente	Vazão mássica (kg/h)	T ^o _{inicial} (°C)	T ^o _{final} (°C)	mCp (kW/°C)	ΔH (kW)	Tipo de Corrente
5	3.343,60	21,20	80,00	3,89	228,78	Fria
14	679,59	21,20	80,00	0,79	46,50	Fria
17	6.582,75	29,03	38,00	7,11	63,79	Fria
16	6.582,75	29,03	90,00	7,11	433,54	Fria
18.1	4.304,38	93,12	21,20	5,02	360,80	Quente
19	1.202,27	48,93	21,20	1,13	-31,26	Quente

Fonte: Autoria Própria (2021).

Todas as correntes selecionadas sofrem apenas mudanças de temperatura, ou seja, transferência de energia por calor sensível, assim, por meio do BE, determinou-se a variação de entalpia (ΔH) e o calor específico (mCp) de cada corrente.

Visando um equilíbrio entre se ter uma maior troca térmica entre as correntes, conseqüentemente, o menor consumo de utilidades ($\Delta T_{min} \uparrow$) e uma área de troca térmica não tão elevada de modo que não comprometa os custos de aquisição dos trocadores de calor ($\Delta T_{min} \downarrow$) (ANAPOLSKI; INDRUSIAK, 2015), a *Aqua Vitae* adotou uma diferença de temperatura mínima (ΔT_{min}) de 10°C entre as correntes envolvidas na permutação de calor.

Para respeitar a ΔT_{min} estabelecida em qualquer intervalo de temperatura, corrigiu-se as temperaturas das correntes (T^{o*}) presentes na Tabela 37 conforme as equações 2 e 3.

$$T_f^* = T_f + \frac{\Delta T_{min}}{2} \quad (2)$$

$$T_q^* = T_q - \frac{\Delta T_{min}}{2} \quad (3)$$

Onde: T_f é a temperatura do fluido frio, T_q é a temperatura do fluido quente e ΔT_{min} é variação mínima de temperatura. A Tabela 38 apresenta os valores de temperatura utilizados para realização da análise Pinch do processo.

Tabela 38 - Temperaturas corrigidas (T^{o*}) do setor 100.

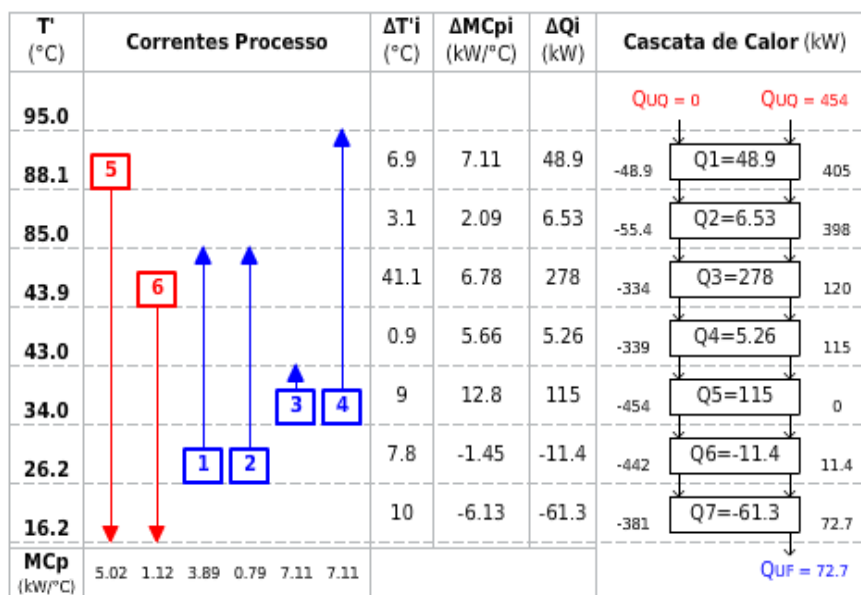
Corrente	Vazão mássica (kg/h)	$T_{inicial}^*$ (°C)	T_{final}^* (°C)	mCp (kW/°C)	ΔH (kW)	Tipo de Corrente
5	3.343,60	26,20	85,00	3,89	228,78	Fria
14	679,59	26,20	85,00	0,79	46,50	Fria
17	6.582,75	34,03	43,00	7,11	63,79	Fria
16	6.582,75	34,03	95,00	7,11	433,54	Fria
18.1	4.304,38	88,12	16,20	5,02	-360,80	Quente
19	1.202,27	43,93	16,20	1,13	-31,26	Quente

Fonte: Autoria Própria (2021).

A partir dos valores presentes na Tabela 38, foi possível obter a cascata energética e as representações gráficas do processo.

A Cascata energética, esquematizada na Figura 42, ilustra os intervalos e direções das correntes quentes e frias envolvidas no setor 100. Além de apresentar os consumos mínimos de utilidades e a localização do ponto de estrangulamento energético.

Figura 42 - Cascata de Calor do setor 100.

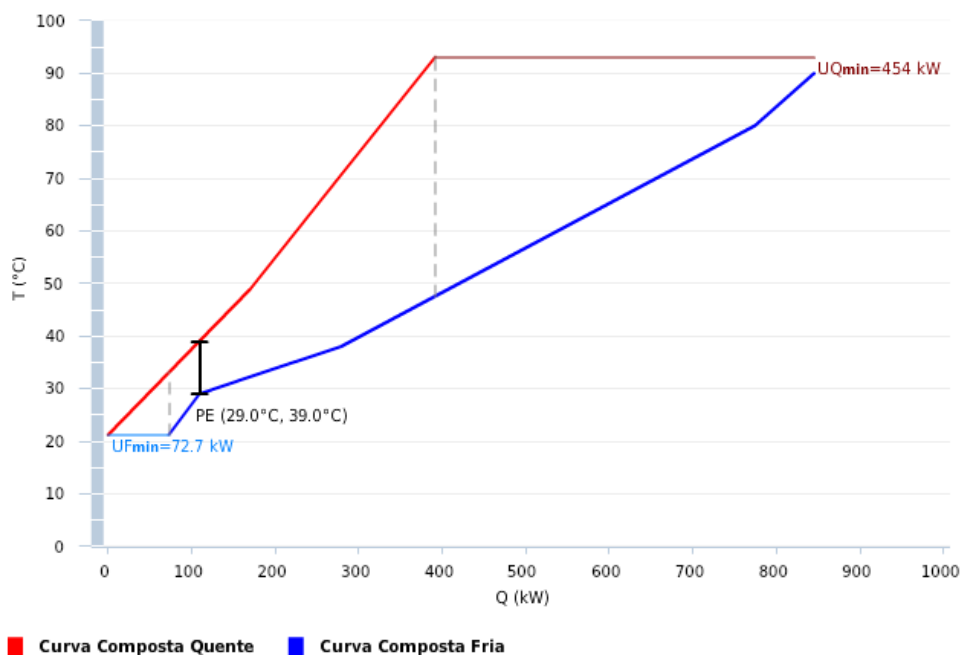
**Legenda:**

- [1] – Corrente 5
- [2] – Corrente 14
- [3] – Corrente 17
- [4] – Corrente 16
- [5] – Corrente 18.1
- [6] – Corrente 19

Fonte: Autoria Própria (2021).

A partir da Cascata de calor, observa-se o setor 100 da *Aqua Vitae* demandará uma quantidade mínima de utilidade fria de 72,7 kW e 454 kW de utilidade quente. O ponto de estrangulamento (PE) ocorre a 34,0 °C, contemplando a ΔT_{min} (39,0 °C para a corrente quente e 29,0°C para a corrente fria). Na Figura 43 são representadas as curvas de entalpia compostas referente às correntes quentes e frias do processo, onde é possível observar o PE e as região onde há a máxima possibilidade de integração energética entre as correntes do processo.

Figura 43 - Curvas Compostas quentes e frias do setor 100.

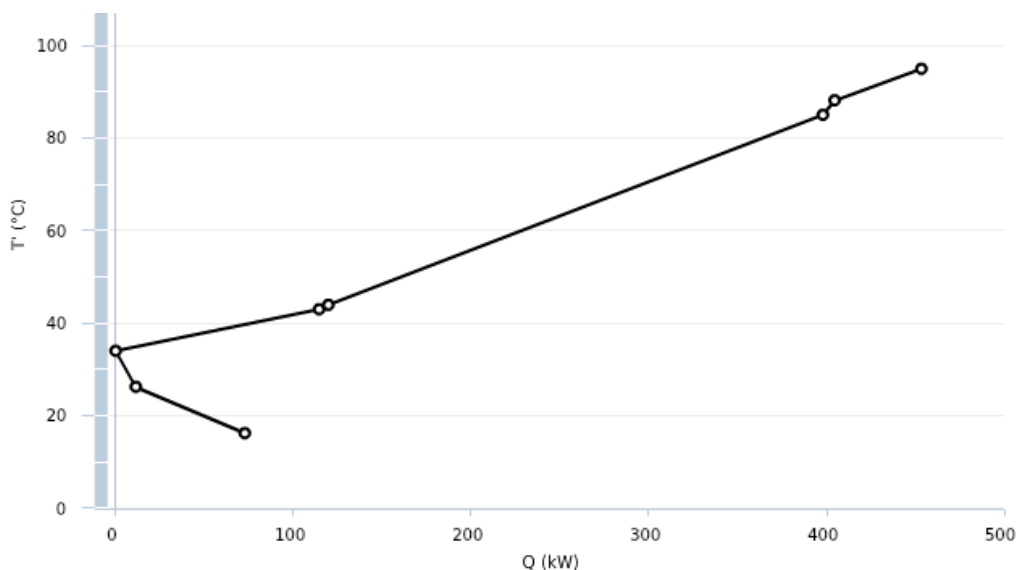


Fonte: Autoria Própria (2021).

No gráfico, é possível ver que o PE (Ponto de Pinch) divide o processo em duas zonas independentes. A zona acima do Pinch, que representa o consumo de utilidades quentes para o aquecimento das correntes e a zona abaixo do Pinch, onde ocorrerá a demanda por utilidade fria para o resfriamento das correntes (PALACIOS BERECHÉ, 2011).

Uma outra ferramenta muito importante na análise de Pinch, segundo Kemp (2007) é a Grande Curva Composta (GCC), representada na Figura 44. Esse diagrama relaciona a temperatura corrigida (T^{Q*}) e o fluxo de entalpia das correntes quentes e frias, permitindo determinar a temperatura mínima e a carga térmica necessária para as utilidades no processo.

Figura 44 - Grande Curva Composta (GCC) do setor 100.



Fonte: Autoria Própria (2021).

O ponto de Pinch é representado pelo ponto que encosta o eixo das coordenadas no gráfico acima e os pontos das extremidades superiores e inferiores determinam que as utilidades para o setor 100 devem assumir no mínimo 6,2°C para utilidade fria e 105°C para utilidade quente. A determinação das temperaturas, utilidades, rede de trocadores de calor e economias energéticas no processo, serão definidas após a análise Pinch para os demais setores sendo abordada na seção 11.3 deste trabalho.

11.2. Integração Energética do Setor 200 e 300

Como os setores 200 e 300 operam no mesmo período, eles foram tratados como um sistema único. Assim, realizou-se a análise Pinch da mesma forma que a seção 11.1 deste trabalho. Para esse sistema foram selecionadas 5 correntes para a integração energética. Na Tabela 39 encontram-se as correntes e suas respectivas propriedades.

Tabela 39 - Propriedades das correntes quentes e frias do setor 200 e 300.

Corrente	Vazão mássica (kg/h)	T ^o _{inicial} (°C)	T ^o _{final} (°C)	mCp (kW/°C)	ΔH (kW)	Tipo de Corrente
30	1.332,34	21,20	42,00	1,55	32,18	Fria
32	6.528,89	35,94	93,40	6,98	400,84	Fria
34	5.502,23	101,33	21,20	6,41	-513,92	Quente
41	54,33	100,67	21,20	0,03	-2,09	Quente
40	116,29	70,00	79,43	0,07	0,64	Fria

Fonte: Autoria Própria (2021).

Vale ressaltar que os setores 200 e 300 possuem mais correntes que poderiam atuar como correntes frias e quentes no processo, no entanto excluiu-se aquelas que não apresentavam uma variação de entalpia (ΔH) significativa para a integração, logo, para essas correntes foram empregadas as utilidades para a regulação de suas temperaturas. Essas correntes serão abordadas e descritas na seção 11.3 deste trabalho.

A partir desses valores, corrigiu-se as temperaturas encontrando os dados presentes na Tabela 40.

Tabela 40 - Temperaturas corrigidas (T^{o*}) do setor 200 e 300.

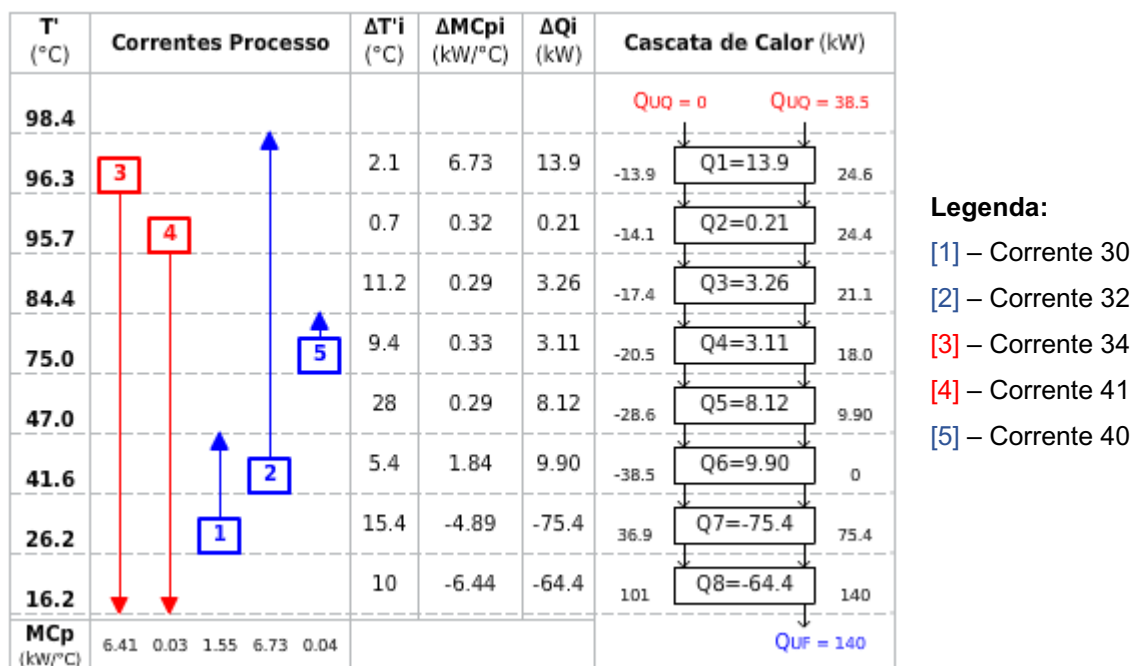
Corrente	Vazão mássica (kg/h)	T ^o _{inicial} (°C)	T ^o _{final} (°C)	mCp (kW/°C)	ΔH (kW)	Tipo de Corrente
30	1.332,34	16,20	37,00	1,55	32,18	Fria
32	6.528,89	30,94	88,40	6,98	400,84	Fria
34	5.502,23	96,33	16,20	6,41	-513,92	Quente
41	54,33	95,67	16,20	0,03	-2,09	Quente
40	116,29	65,00	74,43	0,07	0,64	Fria

Fonte: Autoria Própria (2021).

Observa-se que não há alteração na variação de entalpia (ΔH) e no calor específico (mCp) de cada corrente entre as Tabelas 39 e 40, apenas a correção das temperaturas para a construção da cascata de calor e das curvas compostas.

A Cascata de calor para o setor 200 e 300 encontra-se disposta na Figura 45.

Figura 45 - Cascata de Calor do setor 200 e 300.

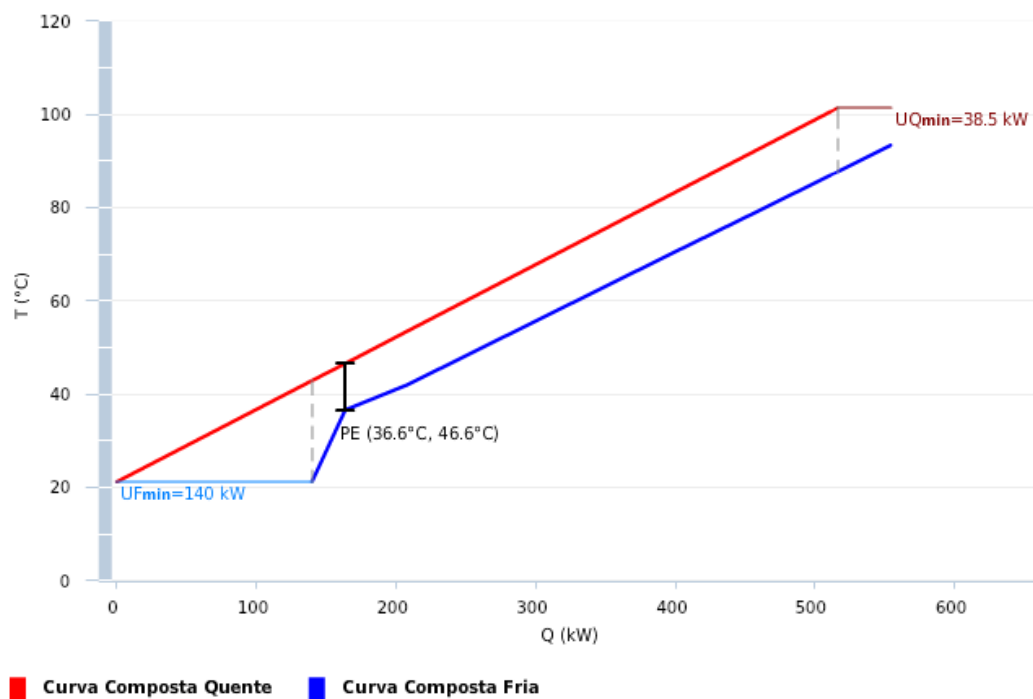


Fonte: Autoria Própria (2021).

Por meio da cascata, observa-se que a *Aqua Vitae* necessitará de no mínimo 140 kW de utilidade fria e 38,5 kW de utilidade quente.

Em seguida, foi analisado o diagrama de curvas compostas, esquematizado na Figura 46, em que apresenta um PE no processo em 41,6 °C contemplando a ΔT_{min} (46,6 °C para a corrente quente e 36,6°C para a corrente fria) entre as curvas.

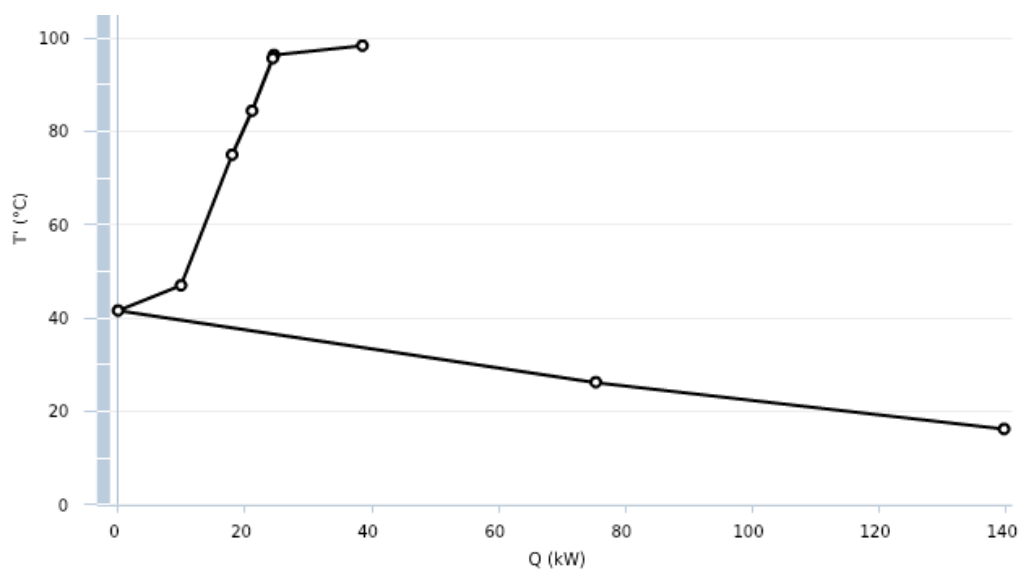
Figura 46 - Curvas Compostas quentes e frias do setor 200 e 300.



Fonte: Autoria Própria (2021).

Para especificar as características das utilidades necessárias para esse setor, foi construído também a GCC, representada pela Figura 47.

Figura 47 - GCC do setor 200 e 300.



Fonte: Autoria Própria (2021).

Por meio da GCC, observa-se que a *Aqua Vitae* necessita de uma utilidade quente de no mínimo 108,4 °C e para a utilidade fria, uma temperatura de no mínimo 6,2 °C.

11.3. Rede de trocadores de calor

Para a construção da rede mínima de energia requerida (MER) para a integração energética, partiu-se dos princípios e das regras nas zonas acima e abaixo do ponto de Pinch. A *Aqua Vitae* projetou a rede de trocadores de calor, esquematizada na Figura 47, garantindo que as metas de energia fossem atingidas e houvesse o melhor reaproveitamento das correntes quentes e frias do processo.

Na rede de trocadores considerou-se todas as correntes envolvidas no processo, os presentes ou não na integração dos setores 100, 200 e 300, a fim de tornar toda a rede em um sistema único.

Para facilitar o entendimento e distinguir os trocadores utilizados na integração com os utilizados nas utilidades, adotou-se a seguinte simbologia presente no Quadro 1.

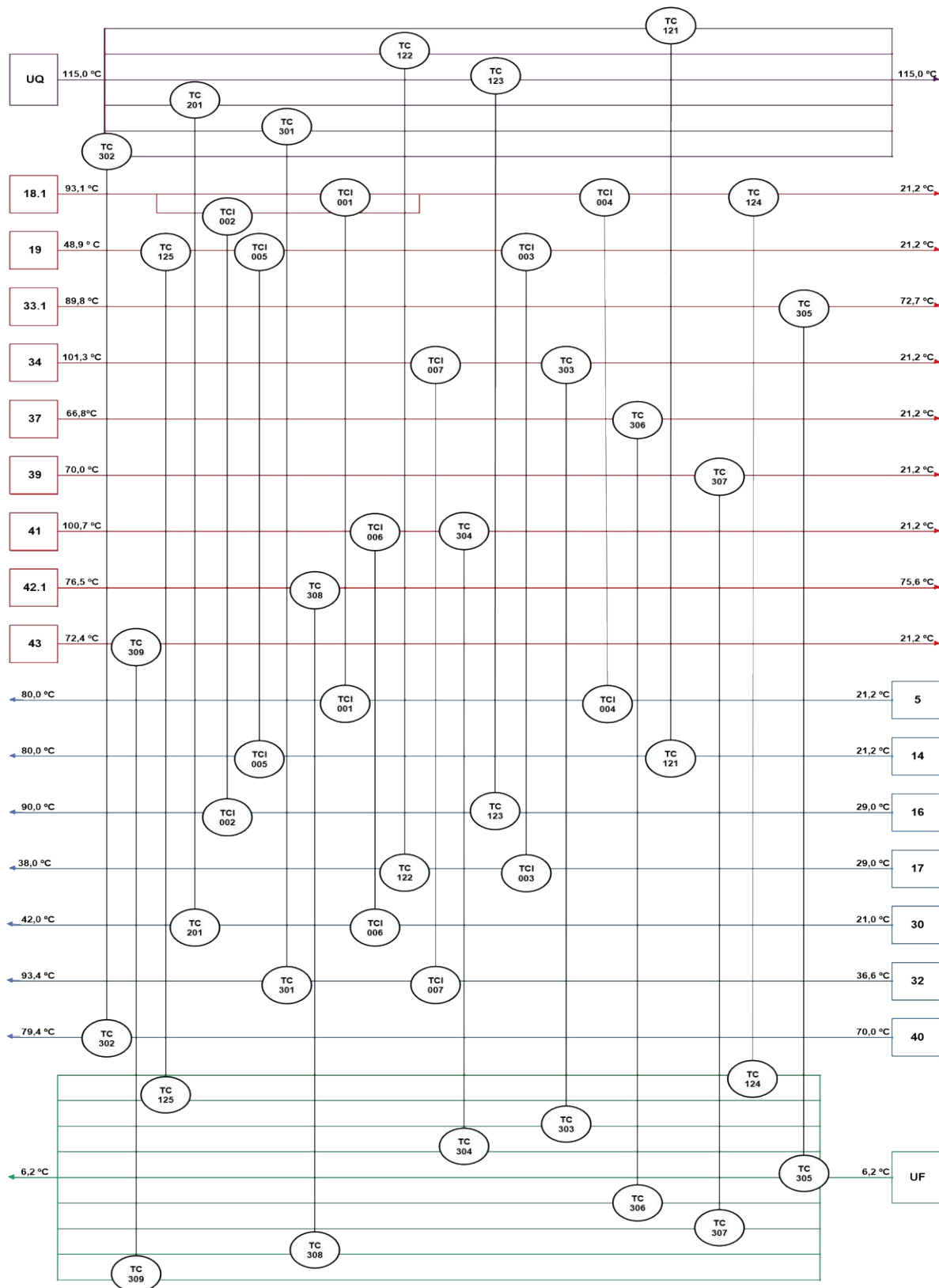
Quadro 1 - Simbologia adotada para os trocadores de calor.

Simbologia	Descrição
TCI	Trocadores de Calor da Integração
TC	Trocadores de Calor com utilidades

Fonte: Autoria Própria (2021).

A fim de maximizar o reaproveitamento energético das correntes do processo e satisfazer as regras do método utilizado, realizou-se a divisão da corrente 18.1, na proporção de 73,11% e 26,89% que foram utilizadas nos trocadores TCI 001 e TCI 002, respectivamente.

Figura 48 - Rede de Trocadores de calor Aqua Vitae.



Fonte: Autoria Própria (2021).

Conforme a análise das GCC nas seções 11.1 e 11.2 deste trabalho, a *Aqua Vitae* utilizará como utilidade quente vapor saturado a 115 °C que será fornecido da área 501 (caldeiraria) e como utilidade fria a amônia proveniente do sistema de refrigeração abordado na área 503 deste trabalho.

Na Tabela 41, encontram-se dispostos todos os pares de correntes presentes na rede, assim como a carga energética transferida envolvida em cada trocador.

Tabela 41 - Rede de trocadores de calor com suas respectivas correntes envolvidas.

Trocador	Tipo de Corrente	Correntes	Ti (°C)	Tf (°C)
TCI 001	Quente	18.1-A	93,1	39,15
	Fria	5	29	79,90
TCI 002	Quente	18.1-B	93,1	39,03
	Fria	16	29	39,27
TCI 003	Quente	19	48,9	38,99
	Fria	17	29	30,58
TCI 004	Quente	18.1	39	32,92
	Fria	5	21,2	29,04
TCI 005	Quente	19	39	33,52
	Fria	14	21,2	29,04
TCI 006	Quente	41	100,7	46,68
	Fria	30	36,6	37,51
TCI 007	Quente	34	101,3	46,54
	Fria	32	36,6	88,75
TCI 008	Quente	34	46,54	42,83
	Fria	30	21,2	36,55
TC 121	Quente	Vapor Saturado	115	115,00
	Fria	14	29,04	80,05
TC 122	Quente	Vapor Saturado	115	115,00
	Fria	17	30,56	37,97

Continuação da Tabela 41.

TC 123	Quente	Vapor Saturado	115	115,00
	Fria	16	39,27	89,90
TC 124	Quente	18.1	32,92	21,17
	Fria	Amônia	6,2	6,20
TC 125	Quente	19	33,52	21,22
	Fria	Amônia	6,2	6,20
TC 201	Quente	Vapor Saturado	115	115,00
	Fria	30	37,51	41,98
TC 301	Quente	Vapor Saturado	115	115,00
	Fria	32	88,75	93,39
TC 302	Quente	Vapor Saturado	115	115,00
	Fria	40	70	79,50
TC 303	Quente	34	46,54	46,32
	Fria	Amônia	6,2	6,20
TC 304	Quente	41	46,68	21,39
	Fria	Amônia	6,2	6,20
TC 305	Quente	33.1*	89,79	72,73
	Fria	Amônia	6,2	6,20
TC 306	Quente	37	66,8	21,20
	Fria	Amônia	6,2	6,20
TC 307	Quente	39	70	21,20
	Fria	Amônia	6,2	6,20
TC 308	Quente	42.1*	76,45	75,59
	Fria	Amônia	6,2	6,20
TC 309	Quente	43	72,4	21,20
	Fria	Amônia	6,2	6,20

*As correntes 33.1 e 42.1 correspondem aos vapores de topo das colunas de destilação.

Fonte: Autoria Própria (2021).

Os trocadores envolvidos na integração energética do setor 100 são: TCI001, TCI002, TCI003, TCI004 e TCI005, enquanto os trocadores de calor TCI006, TCI007 e TCI008 referem-se aos setores 200 e 300. A partir dos valores da carga térmica demandada por cada equipamento, a *Aqua Vitae* obteve por volta de 38,0% de economia energética no setor 100 e 67,8% nos setores 200 e 300.

Sendo assim, analisando todo o processo (demanda pelos trocadores e por outros equipamentos) a *Aqua Vitae* utilizará ao longo do ano (nos períodos de safra e entressafra) as quantidades de utilidade quente e fria presentes no Quadro 2.

Quadro 2 - Distribuição das quantidades de utilidades quente e frias nos períodos de safra e entressafra.

	Safra	Entressafra
Amônia (kg/h)	726,52	555,14
Vapor Saturado (kg/h)	1.874,27	798,18

Fonte: Aatoria Própria (2021).

Observa-se que a maior demanda de vapor saturado e amônia ocorre no período de safra, por conta da operação dos evaporadores presentes no setor 100, eles necessitam de um alta carga de vapor para reduzir a temperatura da corrente de condensado (corrente 18.1) que mesmo com 2 trocadores da integração ainda necessita de fluido refrigerante para alcançar a temperatura final desejada.

Por fim, a integração energética da *Aqua Vitae* foi capaz de reduzir 35,5% no consumo de vapor saturado (utilidade quente) e 12,8% de amônia (utilidade fria) no período de safra e 41,8% e 23,6% de utilidade quente e fria no processo industrial referente ao período entressafra.

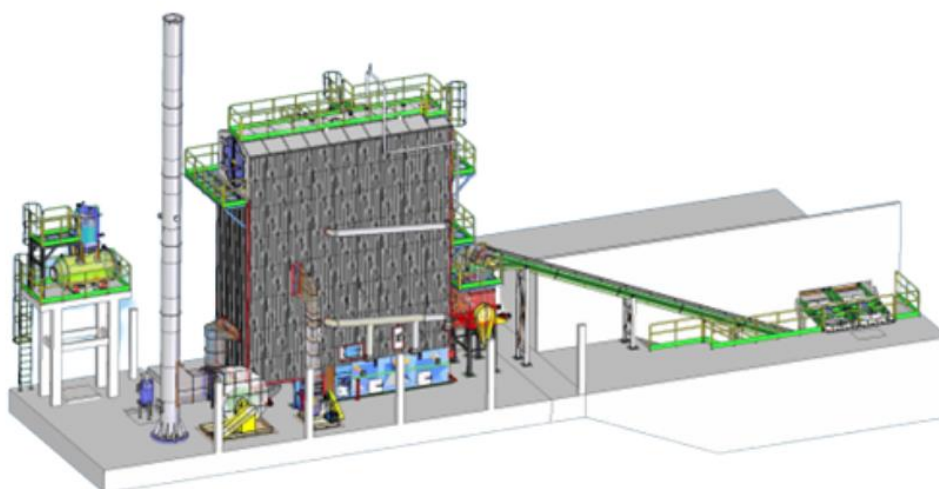
12. SISTEMA DE GERAÇÃO DE VAPOR

A *Aqua Vitae* conta com uma caldeira (CD511) que irá fornecer vapor saturado como utilidade quente para a destilaria. Em virtude dos resultados obtidos com os BE e a integração energética, vide seção 9.0 e 11.0 deste trabalho, observou-se que a

empresa não necessita de um vapor a altas temperaturas e pressões, uma vez que, a *Aqua Vitae* não instalará um sistema para cogeração de energia devido às baixas vazões do processo e aos altos custos de implementação.

Então, para suprir 1.874,27 kg/h de vapor saturado no período de safra e 798.18 kg/h na entressafra, a destilaria contará com uma caldeira MGV-8000, esquematizada na Figura 49, de construção mista conforme estudo de Baggio (2018). A caldeira MGV-8000 é construída basicamente como uma caldeira flamotubular composta de uma fornalha com paredes revestidas de tubos de água similar ao da aquatubular. Esse gerador de vapor é ideal para suprir a utilização de combustíveis sólidos para caldeiras de pequena capacidade, uma vez que, a câmara de combustão comportará um maior volume além de possuir uma maior superfície de queima facilitando a combustão de biomassa como o bagaço. Portanto, uma solução prática e eficiente para a *Aqua Vitae*.

Figura 49 - Caldeira Mista MGV-8000.

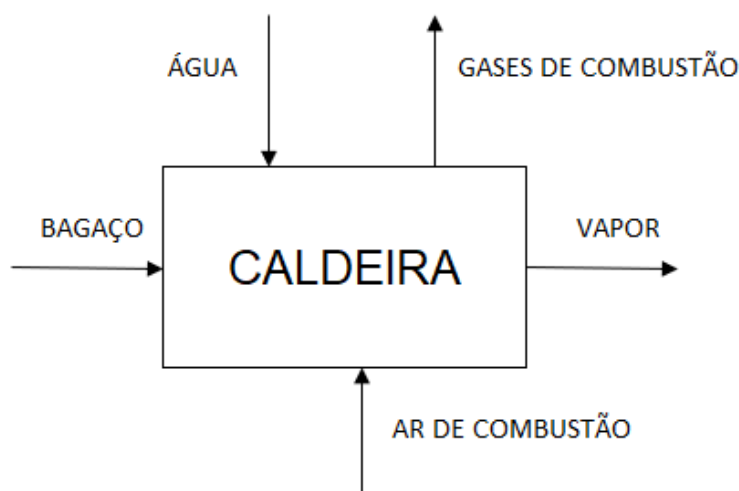


Fonte: Baggio, 2018.

A *Aqua Vitae* operará a caldeira em uma pressão por volta de 1,7 bar e 115°C, gerando vapor saturado, condições de operação estipulada pelos demais processos da destilaria.

As correntes envolvidas para a geração de vapor estão esquematizadas na Figura 50, e servirão de informação para a realização dos cálculos de BM e BE.

Figura 50 - Esquematização das correntes envolvidas na caldeira.



Fonte: Autoria Própria, 2021.

A corrente de combustível destinada à caldeira, corrente 7, proveniente do processo de moagem no setor 100, com uma umidade estimada de 50% será dividida 3 partes, sendo 19,1% destinada para a produção de vapor no período de safra, 8,1% no período entre safra e 72,7% será comercializada a empresas de ração animal. A baixa quantidade de vapor requerida pela empresa justifica a baixa demanda de bagaço no gerador de vapor. Foi considerado uma margem adicional de 15% para suprir eventuais perdas no processo.

No Quadro 3 encontra-se descrito a composição mássica do bagaço produzido pela *Aqua Vitae*.

Quadro 3 - Composição mássica do bagaço com 50% de umidade.

ELEMENTO	FRAÇÃO MÁSSICA
C	22,70%
H ₂	3,40%
O ₂	22,70%
CINZAS	1,30%
H ₂ O	49,90%

Fonte: Cortez et al., 2018.

A energia disponível para a queima foi determinada por meio do poder calorífico inferior (PCI) do combustível que, foi estimado em 8.013,54 kJ/kg. Foi também determinada outra forma de energia para a queima, o poder calorífico superior (PCS), estimado em 9.478,92 kJ/kg. Utilizou-se as relações empíricas abaixo definidas por Hugot (1977).

$$PCI \left(\frac{kcal}{kg} \right) = 4250 - 12 s (\%) - 48,5 w (\%) \quad (4)$$

$$PCS \left(\frac{kcal}{kg} \right) = 4250 - 12 s (\%) - 48,5 w (\%) \quad (5)$$

Sendo: *s* é % de açúcar no bagaço e *w* a % de água no bagaço. Segundo Amorim (2012), a combustão completa da biomassa produz CO₂, vapor d'água juntamente com calor e cinzas não combustíveis, segundo as reações (6) e (7) respectivamente.



O oxigênio necessário para a geração de vapor será fornecido por meio de um corrente ar na temperatura ambiente de 21,2 °C. No Quadro 4 encontra-se descrita a composição mássica do ar utilizado.

Quadro 4 - Composição mássica do ar.

ELEMENTO	FRAÇÃO MÁSSICA
CO ₂	0,0005
N ₂	0,7590
O ₂	0,2328
Argônio	0,0077

Fonte: Helmenstine, 2018.

Segundo Hugot (1977), a quantidade estequiométrica de ar para que se obtenha um bom rendimento nas caldeiras, deve ser de 25 a 60% em excesso. Essa quantidade é calculada de acordo com o balanço de massa envolvendo as reações A e B.

Sabendo que para cada um mol de carbono e 2 mols de hidrogênio são necessários 1 mol de oxigênio para cada reação, a *Aqua Vitae* tem disponível para a reação de combustão, quantidades estipuladas no Quadro 5 para a combustão nos períodos de safra e entressafra.

Quadro 5 - Composição do bagaço nos períodos de safra e entressafra.

Componente	Vazão na safra (kg/h)	Vazão na entressafra (kg/h)
C	129,89	55,32
H ₂	19,455	8,29
O ₂	129,89	55,32
cinzas	7,4387	3,17
H ₂ O	285,53	121,60

Fonte: Aatoria Própria, 2021.

A partir das quantidades acima, estimou-se que a quantidade de ar necessário para promover a geração de vapor é de 2.168,5 kg/h e 923, 5 kg/h nos períodos de safra e entressafra, respectivamente. Com o objetivo de maximizar a produção de vapor, considerou-se 30% de ar em excesso, segundo Rabelo (2014), sendo assim necessários 2.819,1 kg/h e 1.200,5 kg/h de ar na alimentação da caldeira.

A quantidade de gases de combustão foi estimada segundo a relação de Rabelo (2014) que são gerados 4,608 kg de gases de combustão para cada kg de bagaço queimado. A composição desses gases está disposta no Quadro 6.

Quadro 6 - Composição dos gases de combustão.

Componentes	Fração mássica
CO ₂	0,181
H ₂ O	0,172
N ₂	0,596
O ₂	0,049
Outros	0,002

Fonte: Aatoria Própria, 2021.

Por meio dessa relação, serão gerados 2.636,7 kg/h e 1.122,8 kg/h de gases de combustão nos períodos de safra e entressafra, respectivamente.

Outro ponto importante na geração de vapor é a qualidade da água a ser utilizada na alimentação. A corrente de água, a 21,2°C, será previamente tratada passando pelos deionizadores e pelo desaerador a fim de garantir o bom funcionamento do equipamento, além disso, passará por uma bomba (B – 511) para elevar sua pressão até aproximadamente 1,7 bar, condições de operação da caldeira, fornecendo um trabalho de 0,7 – 1,7 kJ/h. A quantidade de água foi determinada a partir das necessidades de vapor (demanda energética) que a planta industrial possui.

Em posse de todas essas informações, foi possível determinar a quantidade de calor útil e fornecida da caldeira, assim como sua eficiência, por meio das Equações (8), (9) e (10) definidas no trabalho de Castro et al. (2020).

$$Q_{\text{útil}} = \frac{m_v(h_v - h_a)}{m_c} \quad (8)$$

$$Q_{\text{fornecido}} = cp_c(T_c - T_{\text{ref}}) + m_{\text{ar}}(cp_{\text{ar}} + Wcp_v)(T_{\text{ar}} - T_{\text{ref}}) + PCS \quad (9)$$

$$\eta = \frac{Q_{\text{útil}}}{Q_{\text{fornecido}}} \quad (10)$$

Por fim, a *Aqua Vitae* consumirá cerca de 9.674,7 kJ/h de energia térmica da caldeira com uma eficiência de aproximadamente 83%.

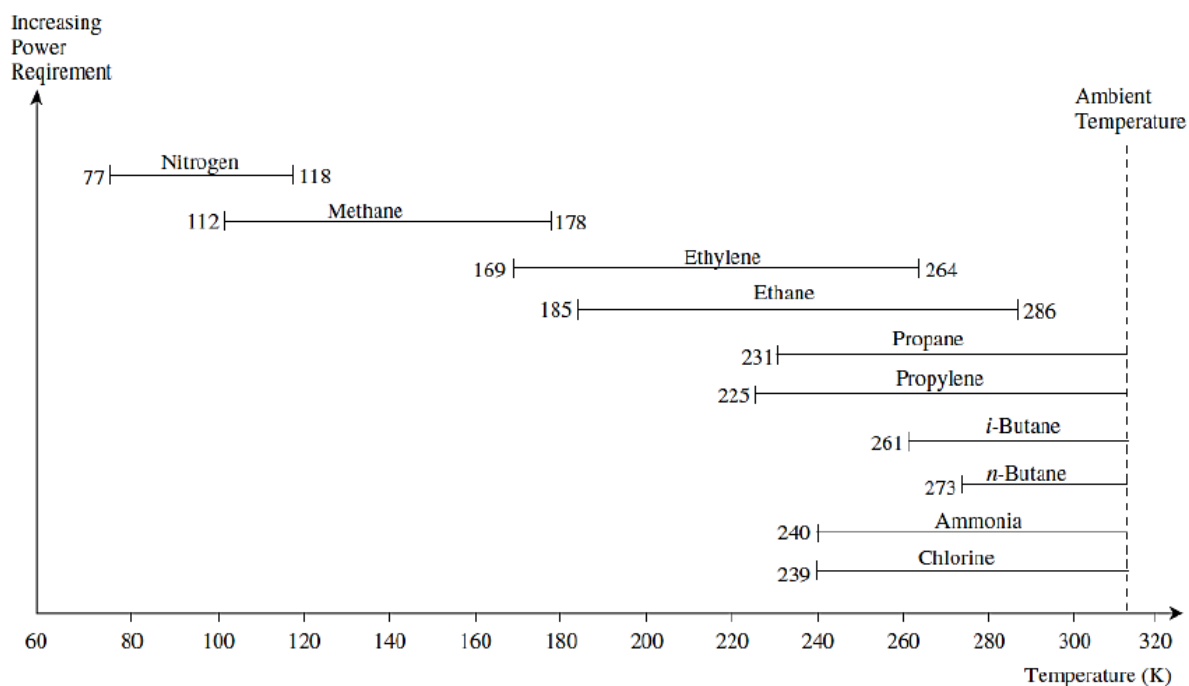
13. SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO

No processo produtivo das bebidas destiladas há a necessidade de remover certa quantidade de energia para atingir as temperaturas ideais de operação. Para isso, a *Aqua Vitae* utilizará um sistema de refrigeração de um ciclo que terá como objetivo realizar a manutenção da temperatura do fluido frio nas condições de 6,2 °C estipulado na integração energética.

Além dos motivos mencionados na seção 6.3, a amônia também foi escolhida por conta da temperatura ideal do fluido frio, que segundo o gráfico (Figura 50) por

Smith (2005), possui uma faixa de operação que se adequa a utilizada na destilaria de 279,35K.

Figura 51 - Intervalos de temperaturas de operação dos fluidos refrigerantes.



Fonte: SMITH, 2005.

Para a realização dos cálculos do sistema de refrigeração, utilizou-se o software gratuito COCO (*CAPEOPEN to CAPEOPEN*), um simulador de processos. Na simulação utilizou-se a interface termodinâmica TEA (*Thermodynamics for EnGineering Applications*) para aplicações em engenharia e também a modelagem pela equação de estado de Peng-Robinson.

A fim de suprir a demanda energética tanto no período de safra e entressafra, foi considerado como base o maior valor energético. Dessa forma, a Tabela 42, apresenta as condições termodinâmicas de cada corrente no ciclo de refrigeração.

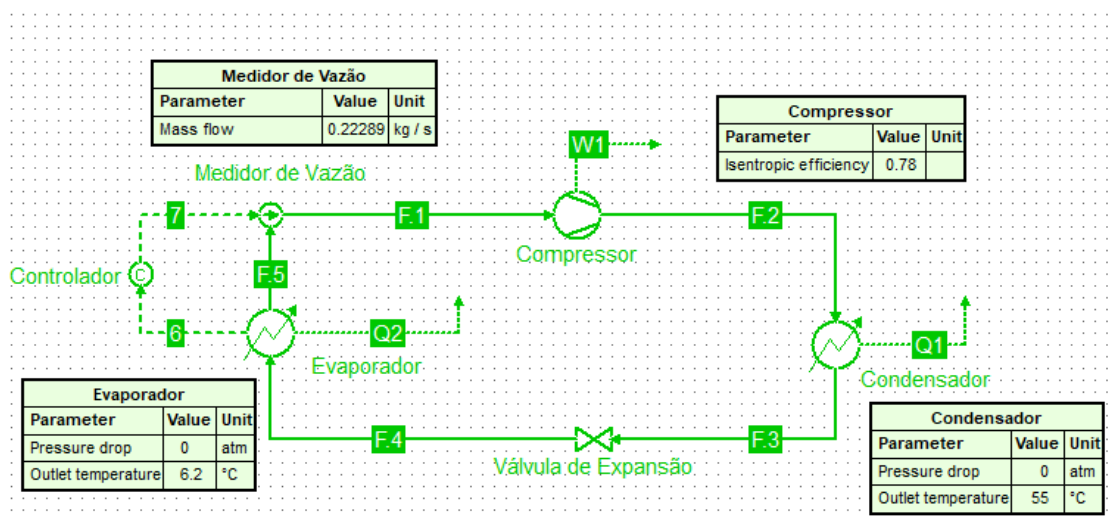
Tabela 42 - Condições termodinâmicas das correntes de amônia no ciclo de refrigeração.

Corrente	T (°C)	P (atm)	Vazão Mássica (kg/h)	Estado	x	y
F.1	6,20	1,09	802,41	Vapor Saturado	-	1,00
F.2	332,69	23,03	802,41	Vapor Superaquecido	-	1,00
F.3	55,00	23,03	802,41	Líquido Saturado	1,00	-
F.4	-31,25	1,09	802,41	Líquido e Vapor	0,69	0,31

Fonte: Autoria Própria, 2021.

O ciclo de refrigeração no *software* COCO (CAPEOPEN to CAPEOPEN), foi construído como demonstra a Figura 52. Foi utilizado um controlador interligado a um medidor de vazão afim de garantir a demanda de energia de utilidade fria do processo. As perdas de pressão no evaporador e no condensador foram desprezadas e no compressor, considerou-se uma eficiência isentrópica de 78%, para fins de convergência do processo.

Figura 52 - Simulação do sistema de refrigeração da Aqua Vitae.



Fonte: Autoria Própria, 2021.

A vazão mássica de utilidade fria no sistema de refrigeração foi de 802,41 kg/h, cerca de 10% maior que a quantidade necessária para o período de safra utilizado como base. Este valor foi superestimado para compensar as possíveis perdas que podem ocorrer ao longo do processo.

14. DIMENSIONAMENTO E ESPECIFICAÇÕES DE EQUIPAMENTOS

Nesta seção serão apresentados o dimensionamento e especificações dos principais equipamentos da *Aqua Vitae*, os quais foram estimados com base nos cálculos de balanço material e energético citados anteriormente. Além disso, no Apêndice B estará disposta a esquematização de projeto de alguns dos equipamentos aqui citados.

Além dos equipamentos principais, a unidade fabril também contará com bombas do tipo centrífuga para deslocamento e pressurização de algumas correntes, as quais serão utilizadas em todos os setores e possuirão diversas configurações de modo a atender as necessidades de cada etapa do processo.

14.1. Trocadores de calor

A partir das especificações das correntes quente e frias presentes na seção 11.3, foram realizados os dimensionamentos dos trocadores de calor da *Aqua Vitae*. Foram considerados que todos os trocadores de calor serão do tipo casco e tubo de apenas um passe com escoamento contracorrente e tubos dispostos na horizontal, sua máxima temperatura de operação é 115 °C e a mínima de 6,2°C operando a uma pressão máxima de 1,7 bar. A Tabela 43 apresenta as características dos trocadores, além da média logarítmica das temperaturas (ΔT_{ml}), o coeficiente global (U) e a área (A) de troca térmica de cada trocador disposto na indústria.

Tabela 43 - Especificação dos Trocadores de Calor.

Trocador	Material	ΔT_{ml}	U (W/m²C)	A(m²)
TCI 001	AISI 304	11,61	1275,00	13,38
TCI 002	AISI 304	26,06	1275,00	2,20
TCI 003	AISI 304	13,74	1275,00	0,64
TCI 004	AISI 304	10,82	1275,00	2,21
TCI 005	AISI 304	11,10	1275,00	0,44
TCI 006	AISI 304	28,93	1275,00	0,04
TCI 007	AISI 304	11,19	1275,00	24,59
TCI 008	AISI 304	15,07	1275,00	1,24
TC 121	AISI 304	56,68	2200,00	0,32
TC 122	AISI 304	80,67	2200,00	0,30
TC 123	AISI 304	45,85	2200,00	3,57
TC 124	AISI 304	20,28	2200,00	1,32
TC 125	AISI 304	20,56	850,00	0,80
TC 201	AISI 304	75,23	2200,00	0,04
TC 301	AISI 304	23,85	2200,00	0,59
TC 302	AISI 304	40,06	2200,00	0,00
TC 303	AISI 304	40,23	850,00	0,04
TC 304	AISI 304	25,80	850,00	0,03
TC 305	AISI 304	74,74	850,00	2,30
TC 306	AISI 304	32,66	850,00	0,03

Continuação da Tabela 43.

TC 307	AISI 304	33,71	850,00	0,91
TC 308	AISI 304	69,82	850,00	0,02
TC 309	AISI 304	34,49	850,00	0,03

Fonte: Autoria Própria, 2021.

Os valores dos coeficientes globais adotados para cada tipo de trocador foram estimados por meio aproximações do tipo de fluido e temperatura de operação, sendo encontrados $1.275,0 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ para as correntes dos processos, $2.200,0 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ para o vapor saturado e $850,0 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ para a amônia, segundo Incropera (2008).

O material de Aço inoxidável AISI 304 foi escolhido pois possui resistência contra os agentes corrosivos e altas temperaturas, desempenhando um excelente papel de durabilidade. Além de serem versáteis e ótimos condutores térmicos.

14.2. Setor 100

Nesta seção serão abordadas as especificações dos principais equipamentos do Setor 100.

14.2.1. Sistema de limpeza a seco

O sistema de limpeza a seco *Aqua Vitae* possui um fluxo de ar gerado por 6 ventiladores que possuem vazão de 510 metros cúbicos por minuto e são instalados sob a mesa de alimentação com 10 metros de comprimento e ângulos 45° , para eliminar as impurezas por sopro. A cana então cai da mesa alimentadora para a esteira de cana e segue para o processo. Além disso, o processo de recepção em conjunto com o sistema de limpeza contendo a esteira para o transporte possui capacidade para transportar até 150 toneladas de cana por hora.

14.2.2. Picador

O Picador é um equipamento rotativo constituído por um conjunto de 8 eixos oscilantes que possui um diâmetro de giro de 1.820 mm e rotação de trabalho de 630 RPM, que irá nivelar a cana que segue para desfibrador.

14.2.3. Desfibrador

O desfibrador é composto por 8 fileiras de martelos oscilantes e uma placa desfibradora, seu principal objetivo é abrir as células da que contêm os açúcares, para facilitar a extração do mesmo na etapa de moagem. O desfibrador *Aqua Vitae* opera com velocidade periférica de 90 m/s, e com oito fileiras de martelos podendo operar com velocidade variável que girar em sentido contrário à esteira.

14.2.4. Moenda

Para extração do caldo da cana a *Aqua Vitae* possui um conjunto composto por 4 ternos de moendas com capacidade de extração de 121 toneladas de cana por hora, com 3 RPM e dimensão de 900x1400 mm.

14.2.5. Filtro

O sistema de filtração *Aqua Vitae* será do tipo tambor rotativo a vácuo com uma área de filtração de em torno de 12 m². O cálculo referente a área de filtração foi feito de acordo com a premissa de que, segundo Polonio (2006), é necessário 0,7 m² de área filtrante para cada tonelada de cana alimentada no processo.

14.2.6. Evaporadores

O sistema de Evaporadores responsáveis pela concentração do caldo gerando o xarope será composto por cinco módulos de evaporação. Para determinar a área de troca térmica foi considerado um valor médio de coeficiente global de troca térmica de 2.500 kJ/kgm²°C (SOUSA, 2012). Na Tabela 44 encontram-se dispostos os dados referentes à pressão de operação e a área de troca térmica global do sistema de evaporadores de múltiplos efeitos da indústria.

Tabela 44 - Dados do dimensionamento dos Módulos de Evaporação

Nº do Efeito	Pressão (kgf/cm ²)	U _{médio} (kJ/hm ² °C)	Área (m ²)
1	1,38	2500	186,00
2	1,06	2500	121,90
3	0,74	2500	52,35
4	0,42	2500	141,62
5	0,1	2500	33,36

Fonte: Autoria Própria, 2021.

14.2.7. Tanques de Armazenamento de Xarope

No período entressafra ocorrerá o armazenamento de xarope referente aos 3 meses em que a unidade não operará o Setor 100. Sendo assim, para que a vazão de caldo nesse período se mantenha a mesma de modo a não prejudicar a produção, serão necessários 15 tanques para armazenamento de xarope, em aço inoxidável (AISI 304/316) com um volume de 100 m³, tendo 5 metros de diâmetro e 5,1 metros de altura. A esquematização do projeto está presente no Apêndice B1.

14.3. Setor 200

Nesta seção serão abordadas as especificações dos principais equipamentos do Setor 200.

14.3.1. Dorna de fermentação

O sistema de fermentação é composto por dornas que operam em batelada, no entanto, para garantir que todo o processo produtivo da *Aqua Vitae* ocorra de maneira contínua, as dornas nesse setor estarão configuradas em duas seções (A/B) paralelas entre si.

Dessa forma, o dimensionamento do sistema foi realizado tomando como referência a massa específica do mosto, segundo Hugot (1977), de 1,08 kg/L para determinar a vazão total de 6,10 m³/h na entrada. O processo total de fermentação da *Aqua Vitae* durará 11 horas, divididos entre os tempos de: abastecimento da dorna, fermentação, esgotamento da dorna e limpeza, discriminados no Quadro 7.

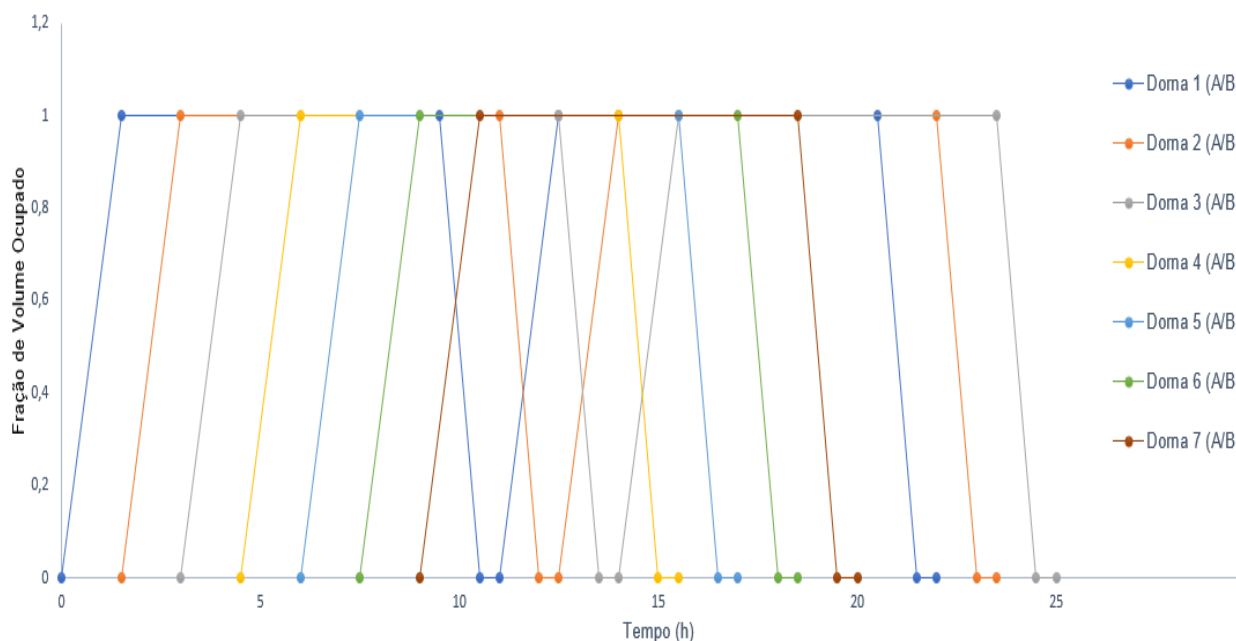
Quadro 7 - Cronoanálise do processo fermentativo.

ETAPA	TEMPO (h)
Abastecimento	1,5
Fermentação	8,0
Esgotamento	1,0
Limpeza	0,5
TOTAL	11,0

Fonte: Aatoria Própria (2021).

A partir dos valores indicados no Quadro 7, determinou-se a quantidade de dornas necessárias para garantir um processo contínuo. Essa análise foi realizada relacionando o tempo de cada etapa e a fração de volume ocupado por cada dorna. O resultado desta análise resultou no gráfico esquematizado na Figura 53.

Figura 53 – Determinação da quantidade de dornas de fermentação.



Fonte: Autoria Própria (2021).

Assim, para cada seção A e B é necessário a disposição de 7 dornas de fermentação com $4,79 \text{ m}^3$ para receber a carga de $67,05 \text{ m}^3$ de mosto. Porém, como a fermentação é um processo onde há a formação de gases e espumas, é necessário que o volume das dornas seja maior, para isso a *Aqua Vitae* considerará um coeficiente de segurança de 10%, logo, o volume das dornas será de $5,27 \text{ m}^3$ cada.

Quanto ao formato, as dornas da *Aqua Vitae* serão fechadas de aço inoxidável (AISI 304) com fundo cônico de 60° que facilita o esgotamento de fermento, e, para garantir um processo isotérmico elas serão encamisadas para a passagem do fluido refrigerante. Além disso, possuirão 4,45 m de altura e 2,00 m de diâmetro. O projeto das dornas de fermentação está esquematizado no Apêndice B2.

14.3.2. Centrífuga

Para a centrifugação de $8,46 \text{ m}^3/\text{h}$ de vinho levedurado, a *Aqua Vitae*, utilizará 3 centrífugas de disco de aço carbono e aço inoxidável (AISI 304/316) com capacidade de centrifugação de $3,00 \text{ m}^3/\text{h}$ e 97% de eficiência.

Segundo Bicalho (2011), as centrífugas de discos trabalham numa faixa de velocidade rotacional de 3.000 a 10.000 rpm com uma força centrífuga de até 14.000g. Para os cálculos considerou-se um coeficiente de segurança de 10% em relação à vazão total de entrada.

14.3.3. Tanque de tratamento de levedura

O tanque de tratamento de levedura receberá uma carga de 2,28 m³/h, no entanto, adotou-se um fator de segurança de 20% em virtude do crescimento das células e adição de ácido sulfúrico durante o processo. As correntes de levedura e de reciclo que serão recebidas pelo tanque de tratamento permanecerão durante 1h, caracterizando um volume útil de 2,74 m³. As dimensões referentes à comprimento, largura e altura são de 1,5 m x 1,4 m x 2,2 m.

O projeto do tanque será realizado em aço inoxidável (AISI 304/316) e contará com um impelidor do tipo hélice com um poder de agitação de 7,5 kW e de até 63 rpm. A *Aqua Vitae* terá disposto 2 tanques de tratamento de 1,37 m³ cada.

A esquematização do projeto dos tanques de tratamentos está presente no Apêndice B3.

14.3.4. Lavador de gases

Os gases gerados na fermentação arrastam consigo uma certa quantidade de etanol, que será recuperado por um lavador de gases feito em polipropileno, pois este material apresenta alta resistência ao CO₂ e etanol. A torre também conta com dois estágios recheados com Anéis Pall e possui altura de 14,5 m e 1 m de diâmetro.

14.3.5. Dorna volante

A cada fim de ciclo fermentativo, o vinho é encaminhado para uma dorna volante, onde ficará o mosto até ser bombeado para o processo de destilação realizado no Setor 300. Visto isso, considerou-se um tempo de mistura de apenas 10 minutos sendo necessário um tanque de 3 m³ fabricado em aço inoxidável (AISI

304/316). Devido à alta viscosidade da corrente, faz-se necessário um impelidor do tipo âncora acoplado na dorna volante, o qual terá um consumo de 4 kW.

14.4. Setor 300

Nesta seção serão abordadas as especificações dos principais equipamentos do Setor 300.

14.4.1. Coluna de Carvão Ativado

A coluna de adsorção composta por filtros de carvão ativo, possui o objetivo de remover a quantidade de cobre nas bebidas destiladas *Aqua Vitae*, para garantir os padrões de qualidade estabelecidos pelo MAPA, sendo a quantidade máxima de 5 mg/L de cobre (LIMA et al, 2006).

A *Aqua Vitae* terá 4 colunas (555L) de adsorção, com capacidade útil de 400 L cada. As dimensões da coluna são de, 1,840 m de comprimento e diâmetro de 0,82 m. Além disso, a coluna possui pressão máxima de operação de 2 Kgf/cm², e um peso de 140 kg (SYBS, 2021). A esquematização do projeto está presente no Apêndice B6.

14.4.2. Leito de botânicos

Os botânicos utilizados para aromatizar o *Gin* serão colocados dentro de uma coluna de botânicos, que possui 30 cm de diâmetro e 1 m de comprimento, confeccionada em aço inoxidável (AISI 304/316). Para a disposição dos botânicos há em seu interior um suporte cesta tipo peneira, que possui o fundo e as laterais perfurados, permitindo que os vapores alcoólicos ascendam a coluna e passem pelos botânicos, extraindo assim os seus aromas. A esquematização do projeto está presente no Apêndice B7.

14.4.3. Torres de destilação

De modo a garantir o grau alcoólico, as razões de refluxo e as condições operacionais especificadas tanto na coluna A1 como na A2, utilizou-se os balanços de massa e energia em conjunto com o *software* livre COCO (*CAPE-OPEN to CAPE-OPEN*) para o dimensionamento destes equipamentos. Assim, o número de pratos e dimensão das colunas estão dispostos no Quadro 8. A esquematização do projeto está presente no Apêndice B4 e B5.

Quadro 8 - Especificações das colunas de destilação.

TIPO	Número de Pratos	Prato de Alimentação	Altura (m)	Diâmetro (m)
Coluna A1 em Cobre	14	7	4	0,5
Coluna A2 em Aço Inoxidável	22	11	11	0,7

Fonte: Autoria Própria (2021).

Ambas com capacidade de operar nas vazões requeridas de cada etapa do setor.

14.5. Setor 400

Nesta seção serão abordadas as especificações dos principais equipamentos do Setor 400.

14.5.1. Tanques de diluição

Por fim, o álcool produzido de cada bebida proveniente do setor 300 é encaminhado para os tanques de diluição onde ocorrerá a padronização e descanso das bebidas como citado nas seções passadas. O dimensionamento destes tanques foi feito considerando a vazão de alimentação e um tempo máximo de 16 horas no tanque de diluição antes de ir para os tanques de descanso, onde ficarão o tempo

correspondente de cada bebida. No Quadro 9 está apresentado as dimensões e quantidades de cada tanque e seus respectivos tempos de descanso.

Quadro 9 - Especificações dos tanques de diluição e descanso.

BEBIDA	Volume do tanque de diluição (m ³)	Tempo de descanso (dias)	Número de tanques de descanso	Volume do tanque de descanso (m ³)
Cachaça Ouro	15	90	2	550
Cachaça Prata	15	90	2	550
<i>Vodka</i>	5	14	1	60
<i>Gin</i>	2	14	1	5

Fonte: Autoria Própria (2021).

Todos os tanques serão de em aço inoxidável (AISI 304/316). Após o descanso a *Vodka*, o *Gin* e a cachaça prata irão para o envase e a cachaça ouro irá para o envelhecimento. A esquematização do projeto está presente nos Apêndices B8, B9 e B10.

14.6. Setor 500

Nesta seção serão abordadas as especificações dos principais equipamentos do Setor 500.

14.6.1. Deionizadores

O processo de desmineralização da água da caldeira passará por dois leitos de troca iônica produzidos em aço inoxidável (AISI 304/316) e revestidos internamente com ebonite de modo a prolongar sua vida útil. Suas dimensões serão de 2,3 m x 1 m x 5,6 m. Vale ressaltar que, considerando a saturação dos leitos com o tempo, a *Aqua Vitae* contará com mais dois leitos que serão utilizados durante os momentos *de set-up* garantindo a operação contínua. As dimensões básicas e os parâmetros de projeto

dessas colunas do sistema de desmineralização estão apresentados, no Apêndice B11.

14.6.2. Desaerador

O desaerador que fará parte do sistema de purificação da água para ser utilizado na caldeira, adquirido pela *Aqua Vitae*, possui capacidade de vapor 5 t/h, opera a 194 °C com pressão a 1,25 Mpa, com 94,2 % de eficiência. Suas dimensões são, 6,00x2,29x2,47 m, referentes ao comprimento, altura e diâmetro, respectivamente.

14.6.3. Osmose reversa

O sistema de Osmose Reversa utilizado nas instalações da *Aqua Vitae* terá como componentes um filtro de areia de quartzo, um filtro de carvão ativado, um sistema de injeção de anti-incrustante e regulador de pH, um filtro de cartuchos de polipropileno e 4 módulos de membranas LC LE-4040 da Filmtec®, que possuem medidas de 1,016 m de comprimento, 1,9 de cm de diâmetro interno e 9,9 cm de diâmetro externo cada, passando finalmente por um filtro de desinfecção UV. Esse sistema é capaz de filtrar até 1000 L/h de água, e precisará de uma potência de 5 kW.

14.7. Setor 600

Nesta seção serão abordadas as especificações dos principais equipamentos do Setor 600.

14.7.1. Lagoa de Estabilização

De modo a resfriar os efluentes produzidos na unidade fabril, a *Aqua Vitae* possuirá duas lagoas de estabilização onde ocorrerá a troca térmica com o ambiente garantindo sua diminuição de temperatura. As lagoas serão devidamente

impermeabilizadas com geomembrana impermeabilizante feita em polietileno de alta densidade (PEAD). A configuração das lagoas será em tronco de pirâmide com o intuito de evitar erosões, além disso suas capacidades de armazenamento serão de 150 m³ podendo armazenar os efluentes (incluindo a vinhaça) por até 3 dias. Suas dimensões estão dispostas no Apêndice B12.

15. LAYOUT DA EMPRESA

O layout ou arranjo físico se refere ao planejamento da configuração do espaço físico a ser ocupado e representa a disposição de pessoas, máquinas e equipamentos necessários à produção dos produtos/serviços da empresa (CHIAVENATO, 2015). O planejamento do layout abrange a disposição espacial das oficinas e divisões ou instalações unitárias de produção. Nesse planejamento, é preciso considerar os critérios técnicos das edificações (WIENEKE, 2008).

Tendo em vista as considerações acima, e afim de maximizar o funcionamento da indústria através do arranjo do espaço disponível, e também respeitando as normas de segurança da NR 12 em relação ao distanciamento entre os equipamentos e vias de circulação desobstruídas, a *Aqua Vitae* determinou o layout dos setores de produção, representado no Apêndice C1, e com as dimensões de cada pavimento especificadas no Apêndice C2.

16. DIAGRAMA DE FLUXO DE PROCESSO

O Diagrama de Fluxo de Processo (*Process Flow Diagram – PFD*) é um esquema gráfico que representa o fluxo de informações referentes aos equipamentos utilizados no processo produtivo, demonstrando suas principais conexões. O PFD da *Aqua Vitae* contém a representação dos Setores 100, 200, 300, 400, além da caldeiraria e do sistema de refrigeração responsáveis pela geração de utilidades da fábrica.

Devido à magnitude do processo desenvolvido para este projeto, o PFD juntamente com a legendas dos equipamentos podem ser acessados por meio do link: https://drive.google.com/file/d/1hC4-TTr6OFqESE2D9w_zVpQWdqj49sGt/view.

17. ANÁLISE FINANCEIRA

Buscando validar a viabilidade econômica do investimento a ser realizado para a criação da *Aqua Vitae*, foi realizada uma profunda análise financeira do projeto, levando em conta todos os custos e receitas provenientes das atividades da empresa, detalhados a seguir.

17.1. Investimento Inicial

Ainda que a indústria esteja em fase de planejamento, a gestão financeira é um ponto essencial para o sucesso da empresa. O investimento inicial é pertinente a todos os custos relacionados a abrir a empresa e começar suas operações, envolvendo por exemplo: gastos com aquisição de bens, operações e infraestrutura. Além disso, com a definição do valor do investimento inicial é possível prever em quanto tempo de operação a empresa começará a ter lucro, com base na análise de custos e despesas do produto ou serviço a ser oferecido (RACCON, 2018).

17.2. Infraestrutura

Para a construção da *Aqua Vitae* serão adquiridos 2 alqueires de terreno, situado próximo à rodovia PR-431, na cidade de Cambará - Paraná. O custo para aquisição do terreno corresponde a R\$ 1,6 milhões.

Para a construção da empresa será necessária uma área de 24.000 m² para a parte industrial, incluindo os setores administrativos, escritório e laboratórios. Para isso, foi orçado um valor de R\$900 por metro quadrado, sendo assim, os custos que envolvem a aquisição do terreno e a implementação de todos os setores estruturais necessárias para a *Aqua Vitae* estão dispostas na Tabela 45.

Tabela 45 - Custos de aquisição do terreno e construção civil.

	Área (m ²)	Preço/m ²	Valor investido
Terreno	48400	R\$ 33,06	R\$1.600.000,00
Construção	24000	R\$ 900,00	R\$ 21.600.000,00
Total			R\$ 23.200.000,00

Fonte: Autoria Própria (2021).

Assim, será necessário um investimento total de R\$ 23,2 milhões para aquisição do terreno e construção da sede *Aqua Vitae*.

17.3. Equipamentos

Na Tabela 46 é possível encontrar os valores referentes ao investimento inicial necessário para cada setor, incluindo equipamentos, estrutura e sistemas, para que seja possível implementação da *Aqua Vitae*.

Tabela 46 - Investimentos iniciais por setor da *Aqua Vitae*.

Setorização	Valor do investimento
Setor 100	R\$ 21.334.866,36
Setor 200	R\$ 1.387.382,04
Setor 300	R\$ 2.045.162,00
Setor 400	R\$ 9.167.370,00
Sistema de refrigeração	R\$ 5.245.847,77
Sistema de geração de vapor	R\$ 61.804.500,00
Total	R\$ 100.985.128,17

Fonte: Autoria própria (2021).

Os valores obtidos foram baseados em pesquisas de campo e cotações com possíveis fornecedores, além de ser considerado um percentual a mais, estimado para os custos com tubulações. Informações detalhadas referentes aos equipamentos do sistema de captação e distribuição de água, sistema de combate a incêndio e estação de tratamento de efluentes, estão dispostas no Apêndice D1.

O cuidado com o meio ambiente é uma das prioridades da *Aqua Vitae*, sendo assim, a estação de tratamento de efluentes é uma das maneiras de diminuir os danos causados à natureza. O investimento referente à lagoa de estabilização está disposto na Tabela 47.

Tabela 47 - Custos referentes a Estação de Tratamento de Efluentes.

Item	Quantidade	Preço	Preço total
Lagoa de Estabilização	1	R\$ 250.000,00	R\$ 250.000,00
Bombas	3	R\$ 82.862,97	R\$ 248.588,91
Custos adicionais	1	R\$ 60.000,00	R\$ 60.000,00
Total		R\$	558.588,91

Fonte: Autoria própria (2021).

A *Aqua Vitae* optou por adotar o sistema de captação e distribuição de água por meio de poços artesianos, onde os custos referentes à aquisição do sistema de poços está presente na Tabela 48.

Tabela 48 - Custos referentes ao sistema de captação e distribuição de água.

Equipamento	Quantidade	Preço unitário	Custo total
Poço artesiano	6	R\$ 90.996,40	R\$ 545.978,40
Bomba para captação/distribuição de água	13	R\$ 51.589,68	R\$ 670.665,84
Tanque de água	5	R\$ 120.560,30	R\$ 602.801,50
Bomba de dosagem	4	R\$ 48.100,80	R\$ 192.403,20
Tanque p/ dosadores	2	R\$ 151.148,97	R\$ 302.297,94
Sistema de osmose reversa	1	R\$ 21.990,40	R\$ 21.990,40
Total			R\$ 2.336.137,28

Fonte: Autoria própria (2021).

Apesar do alto custo inicial, o custo-benefício é justificável devido à alta demanda de água da indústria, além disso, poços artesianos são autossustentáveis, possibilitam um baixo custo de operação e garantem abastecimento em períodos de estiagem ou racionamento das companhias de água.

Outros custos como, carros, mobília, equipamentos para o laboratório de controle de qualidade e o sistema de combate ao incêndio então presentes na Tabela 49.

Tabela 49 - Outros custos.

Investimento	Custo
Frota de carros	R\$ 200.000,00
Equipamento para laboratório	R\$ 1.500.000,00
Sistema de combate a incêndio	R\$ 4.689.756,00
Mobiliário	R\$ 1.500.000,00
Total	R\$ 7.889.756,00

Fonte: Autoria própria (2021).

17.4. Colaboradores

O quadro de colaboradores da *Aqua Vitae* foi estimado visando as operações industriais, porte do empreendimento, inovação e qualidade. Além disso, a *Aqua Vitae*

baseou-se em suas missões e valores para elaborar sua equipe, pois esta traduz a essência da empresa.

A equipe de colaboradores *Aqua Vitae* e as respectivas vagas que serão ofertadas estão apresentadas na Tabela 50.

Tabela 50 - Equipe de Colaboradores.

Cargos	Quantidade de vagas
Presidente	1
Diretor Industrial	1
Diretor Financeiro	1
Gerente de Gestão de Pessoas	1
Analista de Recursos Humanos	1
Contador	1
Técnico em Segurança do Trabalho	1
Gerente Jurídico Financeiro	1
Analista Financeiro	1
Coordenador de Manutenção Industrial	1
Auxiliar de Manutenção Industrial	1
Engenheiro Químico	1
Químico	1
Analista de Qualidade	2
Auxiliar de Qualidade	1
Gerente de Marketing e Vendas	1
Analista de Vendas e Comunicação	1
Diretor de Produção	1
Gerente de Operações	1
Gerente de PCP e Qualidade	1
Analistas e Master Blender	1
Gerente de Suprimentos e Logística	1
Operador noturno	3
Operador de Caldeira	2
Comprador de insumo	1
Vendedor	1
Operadores	50
Enfermeira	1
Auxiliar de Escritório	1
Recepcionista	1
Auxiliar de Serviços Gerais	4
Vigilante	5
Estagiário	1
Total de funcionários	93

Fonte: Autoria Própria (2021).

Para garantir a satisfação de seus colaboradores, e conseqüentemente seus clientes, a *Aqua Vitae* investe no bem-estar e direitos de sua equipe. Os custos que se referem aos serviços prestados de maneira direta ou indireta são referentes à contribuição da transformação da matéria-prima em destilados *Aqua Vitae*. Assim, o custo da mão de obra inclui valores referentes ao piso salarial de cada cargo e aos encargos sociais e trabalhistas, como INSS, FGTS, férias, 13º salário, vale transporte, vale refeição e insalubridades. Os salários referentes à cada cargo estão no Apêndice D3, com um custo anual em torno de R\$ 5 milhões.

A *Aqua Vitae* trabalhará em 2 jornadas com duração de 8 horas diárias cada, visando atender o artigo 7 da Constituição Federal. Sendo assim, a possibilidade de dois turnos proporcionará a seus funcionários uma remuneração superior ao salário base, conforme estabelecido, como é de direito a todo trabalhador que exerça atividades no período entre as 22h da noite e as 5h do dia seguinte, com um acréscimo de 20% sobre a hora de trabalho diurna (BARROS, 2019).

Em caso de hora extra noturna, horário de finalização oficial do turno o trabalhador receberá adicional noturno que se refere a um acréscimo de 50% referente ao salário normal, não podendo ultrapassar 2 horas diárias (BARROS, 2019).

A insalubridade é um adicional pago em função a eventuais exposições que o trabalhador possa estar suscetível que podem ser nocivos à saúde, por estarem acima dos limites de tolerância fixados em razão da natureza, da intensidade do agente e o tempo de exposição aos seus efeitos (PANTALEÃO, 2020). O adicional é determinado conforme o tipo e o grau de exposição, podendo ser de 10, 20 e 40%. Na *Aqua Vitae*, a maioria dos adicionais de insalubridade são de grau mínimo, sendo apenas um cargo exposto ao grau médio.

17.5. Capital de giro

O capital de giro consiste no capital necessário para manter o funcionamento da empresa durante os três primeiros meses, e leva-se em conta os custos fixos, como folha de pagamentos, despesas financeiras e limpeza, e custos variáveis, como

matéria-prima, transporte, insumos, energia e impostos. Assim, o capital de giro necessário pela *Aqua Vitae* será de aproximadamente R\$80.000.000,00.

Com os valores do terreno, construção, equipamentos e capital de giro estima-se o custo do investimento inicial da *Aqua Vitae*, que será de aproximadamente R\$ 220 milhões.

17.6. Demonstrativo de Resultado de Exercício – DRE

O Demonstrativo do Resultado do Exercício (DRE) é conhecido como um documento contábil de demonstração que tem a função de detalhar o resultado líquido da empresa pela confrontação das receitas, custos e despesas, apuradas segundo o princípio contábil do regime de competência. Sendo assim, a partir do DRE, é possível analisar os lucros, despesas e a viabilidade do negócio, como mostra a Figura 54.

Figura 54 - DRE

(+)	Receita bruta anual
(-)	Impostos diretos
(-)	Custos operacionais
(=)	EBITDA
(-)	Depreciação
(-)	Despesas
(=)	LAIR
(+)	Depreciação
(-)	Imposto sobre lucro
(-)	Amortização
(=)	Fluxo de caixa

Fonte: Autoria própria (2021).

Então, a partir do fluxo de caixa, será possível relacionar a receita bruta anual, impostos, custos operacionais, depreciação, despesas financeiras, impostos sobre lucro e a amortização e assim, analisar a viabilidade da *Aqua Vitae*.

17.7. Receita Bruta

A receita bruta de uma empresa é o valor que a empresa arrecada através da venda de seus produtos. Na *Aqua Vitae*, a receita será proveniente da venda das bebidas destiladas cachaça prata, cachaça ouro, *Vodka* e *Gin*, e dos subprodutos,

torta filtro, leite de leveduras, o excedente da palha, bagaço e bagacilho. O faturamento anual referente a estes produtos, nos dois primeiros anos, estão presentes na Tabela 51.

Tabela 51 - Faturamento anual nos dois primeiros anos.

Produtos	Produção anual	Valor unitário	Faturamento anual
Cachaça prata (garrafas)	5.372.399	R\$ 30,00	R\$ 161.171.970,00
Vodka (garrafas)	987.244	R\$ 50,00	R\$ 49.362.200,00
Gin (garrafas)	47.061	R\$ 60,00	R\$ 2.823.660,00
Levedura (kg)	4.900.000	R\$ 25,00	R\$ 122.500.000,00
Torta filtro (kg)	4.459.230,72	R\$ 19,50	R\$ 86.954.999,04
Bagaço (kg)	10.089.483,26	R\$ 0,10	R\$ 1.008.948,33
Palha (kg)	4.989.600	R\$ 0,06054	R\$ 302.070,38
Bagacilho (kg)	296.774	R\$ 0,05922	R\$ 17.574,98
Total anual			R\$ 424.141.422,73

Fonte: Autoria Própria (2021).

A receita bruta da *Aqua Vitae* nos dois primeiros anos será menor comparada aos anos seguintes, devido ao fato de a cachaça ouro necessita de um tempo de envelhecimento de 2 anos, por este motivo, ela só passará a ser comercializada a partir do terceiro ano de empresa. Dessa forma, na Tabela 52 é possível analisar os detalhes em relação à produção anual de cada um dos produtos, assim como seu valor unitário e o faturamento obtido com suas vendas.

Tabela 52 - Faturamento anual a partir do terceiro ano.

Produtos	Produção anual	Valor	Faturamento anual
Cachaça prata (garrafas)	5.372.399	R\$ 30,00	R\$ 161.171.970,00
Cachaça ouro (garrafas)	2.302.457	R\$ 80,00	R\$ 184.196.560,00
Vodka (garrafas)	987.244	R\$ 50,00	R\$ 49.362.200,00
Gin (garrafas)	47.061	R\$ 60,00	R\$ 2.823.660,00
Levedura (kg)	4.900.000	R\$ 25,00	R\$ 122.500.000,00
Torta filtro (kg)	4.459.231	R\$ 19,50	R\$ 86.954.999,04
Bagaço (kg)	10.089.483	R\$ 0,10	R\$ 1.008.948,33
Palha (kg)	4.989.600	R\$ 0,06054	R\$ 302.070,38
Bagacilho (kg)	296.774	R\$ 0,05922	R\$ 17.574,98
Total anual			R\$ 608.337.982,73

Fonte: Autoria Própria (2021).

A torta de filtro úmida será comercializada como adubo para os produtores rurais, enquanto a levedura será destinada à nutrição animal. Já o bagaço, a palha e o bagacilho excedentes serão vendidos para indústrias parceiras.

17.8. Impostos Diretos

Os impostos diretos que incidem sobre a *Aqua Vitae* referentes a uma receita bruta de mais 424 milhões nos dois primeiros anos e mais de 608 milhões a partir do terceiro ano, são, COFINS, PIS, ICMS, IPI e ISS. Os valores referentes a estes impostos no primeiro e segundo ano estão dispostos na Tabela 53.

Tabela 53 - Impostos diretos ano 1 e 2.

Impostos diretos	Taxas	Valores
COFINS	3%	R\$ 12.724.242,68
PIS	1%	R\$ 2.756.919,25
ICMS	7%	R\$ 29.689.899,59
IPI	30%	R\$ 127.242.426,82
ISS	3%	R\$ 12.724.242,68
Total anual		R\$ 185.137.731,02

Fonte: Autoria própria, 2021.

Os impostos diretos a partir do terceiro ano estão presentes na Tabela 54.

Tabela 54 - Impostos diretos a partir do ano 3.

Impostos diretos	Taxas	Valores
COFINS	3%	R\$ 18.250.139,48
PIS	1%	R\$ 3.954.196,89
ICMS	7%	R\$ 42.583.658,79
IPI	30%	R\$ 182.501.394,82
ISS	3%	R\$ 18.250.139,48
Total anual		R\$ 265.539.529,46

Fonte: Autoria própria, 2021.

Além disso, para estimular o crescimento de Cambará, a *Aqua Vitae* irá receber a isenção de alguns impostos como IPTU, isenção da Taxa de Alvará de utilização e Taxas para legalização da inscrição junto ao Cadastro Municipal.

17.9. Custos Operacionais

Os custos operacionais de uma empresa compreendem os custos incorridos para a geração de um produto ou serviço, que depende da sua atividade industrial, e podem ser divididos em custos fixos e variáveis. Na *Aqua Vitae*, os custos fixos compreendem os gastos com equipamentos de segurança, folha de pagamento, limpeza e despesas administrativas, cujos valores estão dispostos na Tabela 55. Os custos com matéria-prima, garrafas e energia elétrica são os custos variáveis da empresa, que se referem ao processo produtivo, e estão representados na Tabela 56. Outro custo variável é o frete, que para garantir melhor qualidade e excelência de seus produtos, a *Aqua Vitae* opta pela compra da matéria-prima. Assim, considerando um raio de 100 km em relação à sede industrial e os fornecedores da cana-de-açúcar, estima-se um custo com frete da matéria-prima de cerca de R\$ 2 milhões ao ano.

Tabela 55 - Custos fixos anuais.

Custo fixo	Valor anual
Mão de obra	R\$ 5.034.874,62
Epi's	R\$ 190.560,00
Limpeza	R\$ 1.440.000,00
Despesas financeiras administrativas	R\$ 600.000,00
Total	R\$ 7.265.434,62

Fonte: Autoria própria, 2021.

Os valores detalhados referentes aos equipamentos de segurança e EPI's estão dispostos no Apêndice D2. A mão-de-obra, é referente aos custos repostados aos funcionários, os outros valores referem-se à limpeza e organização da indústria e despesas administrativas, totalizando um gasto anual próximo a R\$ 7 milhões.

Tabela 56 - Custos variáveis anuais.

Custo variável	Valor anual
Matéria-prima	R\$ 100.027.959,07
Garrafas	R\$ 25.902.000,00
Frete	R\$ 2.020.515,84
Água e energia	R\$ 707.472,00
Marketing	R\$ 15.447.333,27
Total	R\$ 144.105.280,18

Fonte: Autoria própria, 2021

Os valores específicos referentes à matéria-prima e frete estão dispostos no apêndice D2. Além disso, com o intuito de divulgar a marca, promover os produtos e estar mais próximo dos clientes como nas redes sociais, por exemplo, a *Aqua Vitae* destinará uma parte de seus lucros ao setor de Marketing e mídia.

17.10. Depreciação

A depreciação de bens e equipamentos se trata do desgaste que ocorre a partir do primeiro ano de operação, causado pelo uso, desgaste natural e obsolescência. Na Tabela 57, consta a depreciação e as taxa estipuladas pela Receita Federal, referentes aos bens e pertences da *Aqua Vitae* (MMD, 2006).

Tabela 57 - Depreciação.

Bens	Porcentagem	Valor inicial	Depreciação
Construção	4%	R\$ 21.600.000,00	R\$ 864.000,00
Equipamentos	10%	R\$ 100.985.128,17	R\$10.098.512,82
Veículos	20%	R\$ 200.000,00	R\$ 40.000,00
Total			R\$ 11.002.512,82

Fonte: Autoria própria, 2021

Com as taxas depreciação de 10% para as máquinas e equipamentos industriais, móveis e utensílios. Para veículos uma taxa de 20%, e 4% para edificações, o equivalente a R\$ 11.002.512,82 anuais estimados de depreciação (MMD, 2016).

17.11. Despesas Financeiras

As despesas financeiras compreendem os juros decorrentes do financiamento realizado. O investimento inicial da *Aqua Vitae* foi de R\$220 milhões, valor esse financiado pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico (BNDES), com uma taxa de juros de 10,97% a.a., por um período de 9 anos. O financiamento é do tipo SAC, garantindo amortização constante e menos juros quando comparado ao sistema PRICE, e possui prazo de carência de 1 ano, tempo necessário para a construção da empresa.

O cálculo do financiamento encontra-se na Tabela 58, juntamente com os valores anuais de juros, amortização, saldo devedor e parcela paga.

Tabela 58 - Financiamento *Aqua Vitae*.

Ano	Parcela	Juros	Amortização	Saldo devedor
0	-	-	-	R\$ 220.000.000,00
1	-	R\$ 24.134.000,00	-	R\$ 244.134.000,00
2	R\$ 54.576.900,14	R\$ 24.060.150,14	R\$ 30.516.750,00	R\$ 213.617.250,00
3	R\$ 51.386.603,99	R\$ 20.869.853,99	R\$ 30.516.750,00	R\$ 183.100.500,00
4	R\$ 48.196.307,84	R\$ 17.679.557,84	R\$ 30.516.750,00	R\$ 152.583.750,00
5	R\$ 45.006.011,68	R\$ 14.489.261,68	R\$ 30.516.750,00	R\$ 122.067.000,00
6	R\$ 41.815.715,53	R\$ 11.298.965,53	R\$ 30.516.750,00	R\$ 91.550.250,00
7	R\$ 38.625.419,38	R\$ 8.108.669,38	R\$ 30.516.750,00	R\$ 61.033.500,00
8	R\$ 35.435.123,23	R\$ 4.918.373,23	R\$ 30.516.750,00	R\$ 30.516.750,00
9	R\$ 32.244.827,08	R\$ 1.728.077,08	R\$ 30.516.750,00	R\$ 0,00

Fonte: Autoria própria, 2021

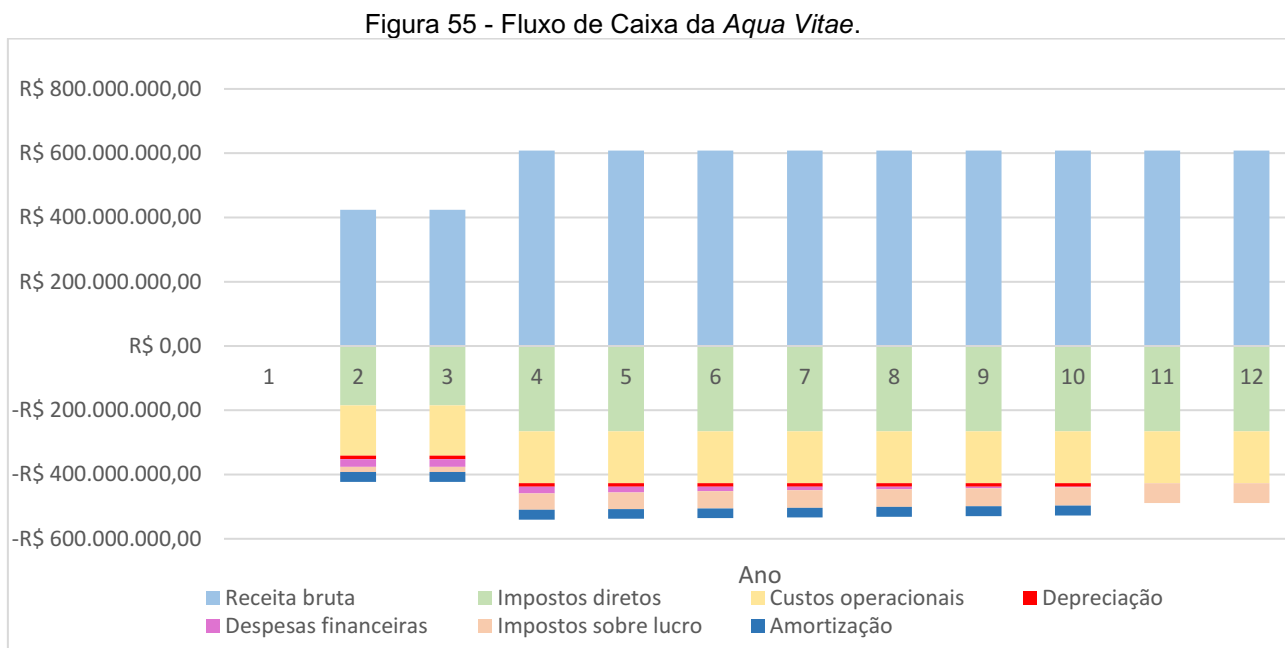
De posse desses valores, é possível calcular o Lucro antes do Imposto de Renda (LAIR), que corresponde ao resultado gerado antes das deduções do lucro obtido pela empresa.

17.12. Impostos sobre os lucros

No Brasil, as empresas devem pagar dois impostos sobre o seu lucro. O primeiro deles é IR – Imposto de renda, que possui uma alíquota de 15% até um lucro de R\$20.000,00 e mais 10% sobre o excedente desse valor. O outro imposto pago é o CSLL – Contribuição Social sobre Lucro Líquido, que possui alíquota de 9% sobre o lucro da empresa.

17.13. Fluxo de Caixa

O fluxo de caixa foi calculado anualmente, num horizonte de 12 anos, e sua demonstração gráfica pode ser vista na Figura 55.



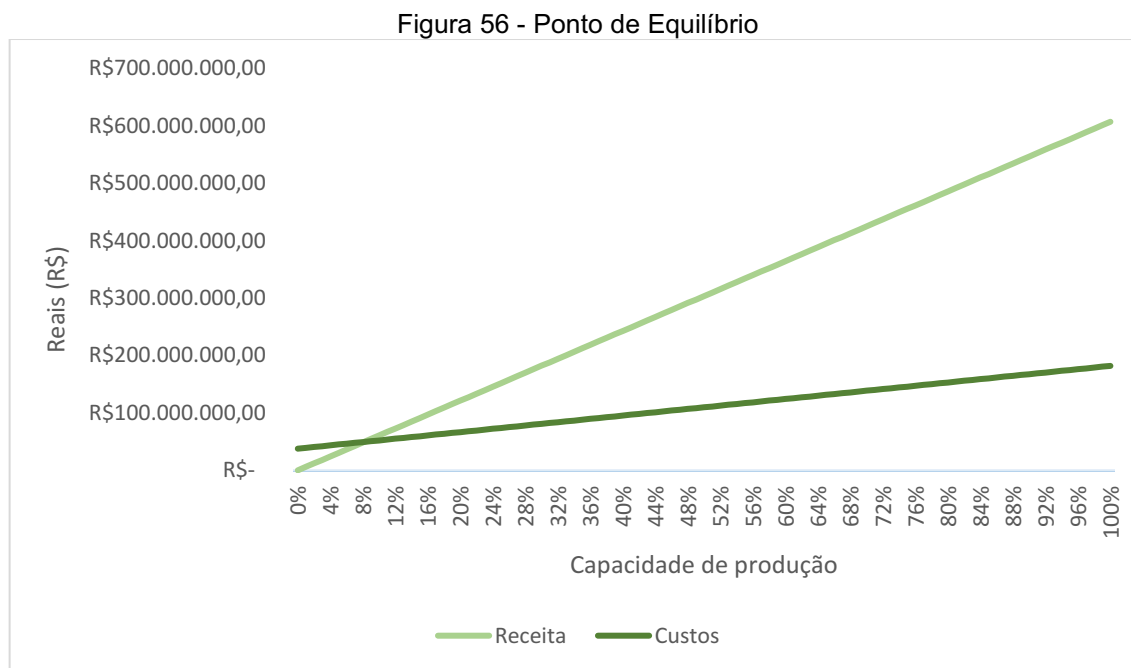
Pode-se observar que o primeiro ano não apresenta fluxo de caixa, período esse de carência para construção da empresa. No segundo ano começam os pagamentos do financiamento, e pode-se observar que seus custos vão diminuindo anualmente até o nono ano, quando acaba o período de financiamento.

Após o décimo ano de operação a empresa apresenta um lucro anual líquido de mais de R\$119,8 milhões de reais, mostrando-se um investimento altamente lucrativo.

17.14. Ponto de Equilíbrio

O Ponto de Equilíbrio Financeiro é um índice percentual que de acordo com Dicionário Financeiro (2020), indica o ponto em que a receita gerada se iguala as despesas e custos de uma operação. Sendo assim, a partir do ponto de equilíbrio pode-se aferir o lucro, estando abaixo dela encontrar-se operando em prejuízo. Além

disso, a partir do ponto de equilíbrio é possível obter o faturamento mínimo para cobrir os gastos, e possuir um rendimento positivo.



Fonte: Autoria Própria (2021).

Sendo assim, a partir da análise no ponto de equilíbrio é possível averiguar o quanto será necessário produzir para que se obtenha lucro, considerando os custos fixos e variáveis da produção e a unidade industrial.

No ponto de equilíbrio, são obtidas duas retas de receita e custos que, ao se interceptarem, indicam a produção mínima de 8%, como pode-se observar na Figura 56. A partir deste ponto é possível cobrir custos e gerar lucro. Além disso, este resultado é possível por conta do baixo valor dos custos fixos e a receita é ser consideravelmente alta, desta forma, a *Aqua Vitae* obteve um valor de capacidade de produção que viabiliza o empreendimento.

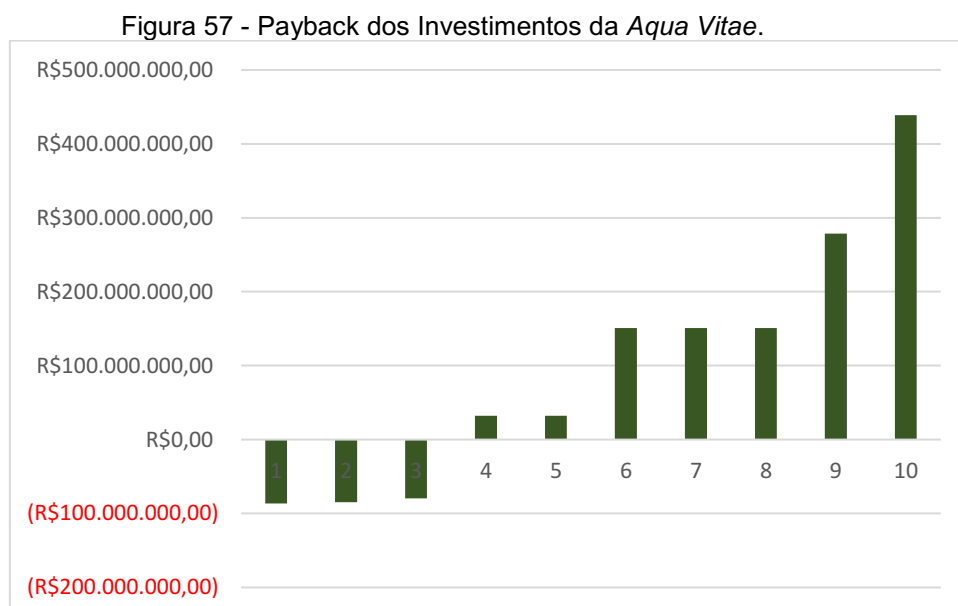
17.15. TIR

Com a Taxa Interna de Retorno (TIR), método que analisa a viabilidade de projetos de investimento a partir dos dados do fluxo de caixa. Para a *Aqua Vitae* o retorno interno de investimento obtido foi de 12,71% em um período de 9 anos, valor

superior à taxa mínima de atratividade (TMA) que foi 10,97%. Quando a TIR é maior que a TMA, significa que o investimento é viável.

17.16. Payback

Payback significa “retorno” e é um indicador usado pelas empresas para determinar o período de retorno de um investimento. Em outras palavras, *payback* é o tempo levado desde o investimento inicial até o momento em que os rendimentos acumulados se tornam iguais ao valor investido. (ROCK, 2018). Na Figura 57 pode-se observar o fluxo de caixa líquido.



Fonte: Autoria Própria (2021).

Observa-se que o tempo estimado de retorno referente ao capital inicial investido pela *Aqua Vitae* ocorrerá a partir do quarto ano, mostrando-se assim, um empreendimento altamente lucrativo.

CONCLUSÃO

Tendo em vista o crescimento da indústria brasileira de bebidas destiladas de qualidade e aproveitando as oportunidades geradas por estes novos hábitos de consumo, nasce a Destilaria *Aqua Vitae*, uma indústria de médio porte, produtora de bebidas alcoólicas obtidas por meio da destilação da sua principal matéria-prima o caldo da cana-de-açúcar.

Sua missão, visão e valores foram apresentados e estão fundamentados em três pilares: qualidade, responsabilidade e paixão. Assim, a empresa preza por produzir *as melhores bebidas* a fim de promover *os melhores momentos* para seus consumidores, sendo resultado da paixão por fabricar, a responsabilidade ao consumir e a qualidade de um destilado bem produzido.

A localização escolhida foi Cambará, no Paraná e essa decisão foi baseada em fatores determinantes como os incentivos fiscais, a facilidade na obtenção da matéria-prima e utilidades, além da rota de escoamento do produto, devido ao ponto estratégico em que se situa o município.

Por meio da análise de mercado, observou-se a expansão gradual da comercialização e tendência de consumo de bebidas destiladas de qualidade. Além disso, notou-se que este segmento vem se reinventando a cada dia, trazendo assim um cenário otimista de retomada do setor, viabilizando a instalação da *Aqua Vitae* no mercado.

O processo produtivo da *Aqua Vitae* foi subdividido em seis setores, sendo eles responsáveis pela produção da bebida, desde o preparo da cana-de-açúcar até o produto final. Resumidamente, a matéria-prima é recebida, tratada, fermentada, destilada, armazenada, padronizada e envasada. O processo de destilação, em especial, ocorre inicialmente em torre de cobre e é capaz de produzir álcool para os quatro produtos da *Aqua Vitae*. Apresentou-se também o processo de utilidades, além do tratamento e destino de cada resíduo gerado na indústria.

Outro ponto de destaque deste projeto foi o detalhamento do balanço material e energético da *Aqua Vitae*, bem como a integração energética. O balanço de massa tornou possível estimar a produção da destilaria, sendo aproximadamente 6,5 milhões de litros de bebida destilada por ano, o equivalente a quase 9 milhões de garrafas de

750mL de cachaça, *Vodka* e *Gin* colocadas no mercado. Já no que diz respeito ao balanço de energia e integração, estimou-se por meio deles as utilidades necessárias para atingir as condições do processo, os resíduos gerados, bem como a otimização de uso das correntes quentes e frias, o que possibilitou uma economia de energia de em torno de 38% no setor 100 e 70% nos setores 200 e 300.

Referente à viabilidade financeira do projeto, a análise detalhada fazendo uso de algumas ferramentas contábeis possibilitou estimar o montante referente ao investimento inicial sendo de R\$ 220 milhões, em que foi possível um retorno de investimento de 12,71% em um período de 9 anos, sendo este superior à taxa mínima de atratividade (TMA) que foi 10,97%. Visto isso, sugere-se que o projeto da destilaria possui uma alta viabilidade econômica apresentando, após o décimo ano de operação, um lucro anual líquido de mais de R\$119,8 milhões de reais.

Com a posse dessas informações, estrutura-se a *Aqua Vitae*, cujo objetivo será a produção de destilados de qualidade visando o comprometimento com os consumidores e considerando todas as demandas de sustentabilidade e desenvolvimento social, atendendo às exigências e padrões do mercado nacional e internacional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRABE. **Glass is Good**. Disponível em: <http://www.abrabe.org.br/glass-is-good/>. Acesso em: 03 de abril de 2020.

ABRABE. **MUDANÇA DE HÁBITOS NO CONSUMO DE BEBIDAS**. 2018. Disponível em: <http://www.abrabe.org.br/salaimprensa/mudanca-de-habitos-no-consumo-de-bebidas/>. Acesso em: 21 de abril de 2020.

AEN: Agência de Notícias do Paraná. Governo do Estado do Paraná. **Paraná atrai R\$ 12,5 bilhões e abre mais de 100 mil novas empresas**. 2019. Disponível em: <http://www.aen.pr.gov.br/modules/noticias/article.php?storyid=102627&tit=Parana-atrai-R-125-bilhoes-e-abre-mais-de-100-mil-novas-empresas>. Acesso em: 02 de abril de 2020.

AGROLINK,2021. **O Portal do Conteúdo Agropecuário**. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/regional/pr/cambara/estatistica>. Acesso em: 24 de maio de 2021

ALBUQUERQUE A. G.; **Avaliação exergetica dos efluentes do processo industrial do álcool**. 2005.Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-17052006-105609/publico/Avaliacaoexergeticadosefluentesdoprocessoindustrialdoalcool.pdf>. Acesso em: 06 de maio de 2020.

ALCARDE, A.R.; **Tratamento do Caldo**. Agência Embrapa de Informação Tecnológica, 2008. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/Abertura.html>. Acesso em: 17 jun. 2020.

ALMEIDA, João; DIAS, Leandro. **Os segredos da cachaça: tudo que você precisa saber sobre a bebida mais popular do brasil**. São Paulo: Alaúde, 2018.

ANAPOLSKI, J. L. P.; INDRUSIAK, M. L. S. **Síntese energética de uma rede de trocadores de calor de um processo de refino de óleo de soja**. Perspectiva. Erechim, v. 39, n. 146, p. 27-42, 2015.

AIRLINK Filtros Industriais. **Saiba como funciona um filtro de polipropileno e onde é utilizado.** Disponível em: <https://www.airlinkfiltros.com.br/artigos/saiba-como-funciona-um-filtro-de-polipropileno-e-onde-e-utilizado/>. Acesso em: 16 de Agosto de 2021.

BAGGIO, R. W. O. **Modelagem de um Caldeira Flamotubular com Fornalha Aquatubular.** Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Santa Catarina. Departamento de Engenharia de Controle Automação e Computação. 82 f. Blumenau, 2018.

BARBOZA, R. A. B. et al. **Efeito do envelhecimento na qualidade da cachaça produzida por pequenos produtores.** Rev. Ciênc. Ext. v.6, n.2, p.49, 2010.

BARROS L.; **Adicional Noturno: Quem Tem Direito e Como Calcular.** Blog Tangerino, agosto de 2019, Blog Tangerino. Disponível em: <https://blog.tangerino.com.br/como-calcular-adicional-noturno/>. Acesso em: 3 ago. 2021.

BASSI. **Cachaça Bassi.** Site da cachaça, ago. 2015. Disponível em: <https://www.sitedacachaca.com.br/cachaca-bassi/>. Acesso em: 10 mai. 2021.

BATISTA, F. R. M. et al. **Estudo do processo de destilação alcoólica contínua: Simulação de Plantas Industriais de Produção de Álcool Hidratado, Álcool Neutro e Cachaça.** 2008

BELTRAN, Maria Helena Roxo. Destilação: a arte de “extrair virtudes”: História da Química. **Química Nova na Escola**, São Paulo, p.24-27, nov. 1996. Trimestral.

BELTRAN, Maria Helena Roxo. **Imagens de magia e de ciência entre o simbolismo e os diagramas da razão.** São Paulo: Educ, 2000. 143 p.

BEN, BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL, 2010 – ANO BASE 2009. Empresa de Pesquisa Energetica, Rio de Janeiro: EPE, 2010, 276 p.

BICALHO, I. C. **Concentração de leveduras de fermentação alcoólica em hidrocilones.** Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Uberlândia. Engenharia Química. Uberlândia. 2011.

BONASSA G. et al. **Subprodutos Gerados na Produção de Bioetanol: Bagaço, Torta de Filtro, água de Lavagem e Palhagem.** Revista Brasileira de Energias Renováveis, v.4, p. 144- 166, 2015. Disponível em: https://revistas.ufpr.br/rber/article/view/44075/pdf_72. Acesso em: 01 de junho de 2020.

BORTOLETTO, Aline Marques. **Influência da madeira na qualidade química e sensorial da aguardente de cana envelhecida.** 2016. 224 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências, Ciências dos Alimentos, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11141/tde-19042016-122917/pt-br.php>. Acesso em: 07 de maio de 2020.

BORTOLUZZI, D. F. R.; FREIRE, D. M.; FERREIRA, G. A.; IKEDA, L. Y. **Z7 GIN.** 2020. 118 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Departamento de Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2020.

BOSQUEIRO, Angelo Cesar. **Composição química da aguardente de cana-de-açúcar ao longo do processo de dupla destilação em alambique simples.** 2010. 83 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Agrônoma, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

BOTELHO, Manoel Henrique Campos; BIFANO, Hercules Marcello. **Operação de caldeiras: gerenciamento, controle e manutenção.** Editora Blucher, 2015.

BOZA, Y.; HORII, J.; **INFLUÊNCIA DA DESTILAÇÃO SOBRE A COMPOSIÇÃO E A QUALIDADE SENSORIAL DA AGUARDENTE DE CANA-DE-AÇÚCAR.** Ciênc. Technol. Aliment., Campinas, v. 18, n. 4, p. 391-396, out. 1998. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20611998000400006&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 14 julho de 2020.

BRADLEY, R.; In: AMJAD, Z. Reverse Osmosis – **Membrane Technology, Water Chemistry and Industrial Applications**, Chapman & Hall, Chapter 4, 1992.

BRASIL. Instrução Normativa nº 13, de 29 de junho de 2005. **Regulamento técnico para fixação dos padrões de identidade e qualidade para aguardente de cana e para cachaça.** Diário oficial da União. Brasília, 2005.

BRASIL, Ministério do Trabalho. **Norma Regulamentadora NR-13**. Manual de Legislação Atlas. (63ª ed.). São Paulo: Atlas S.A, 2009.

BRASIL, Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do. **CALDEIRA DE LEITO FLUIDIZADO X GRELHA** Colina: Stab, 2016. Color. Disponível em: http://www.stab.org.br/17sba/13_luiz_fabiano.pdf. Acesso em: 26 jul. 2021.

CACHAÇARIA COMPANHEIRA. **Processo de Produção**. Disponível em: <https://cachacacompanheira.com.br/processo-de-producao/>. Acesso em: 16 de julho de 2020.

CALLE. F. R.; BAJAY. S. V.; ROTMAN. H. **Uso da biomassa para produção de energia na indústria brasileira**. Campinas: CLE/UNICAMP, 2005. 447 p.

CALEIRO, João Pedro. **Como o Gin virou a nova estrela do mercado de bebidas brasileiro**. 2019. Disponível em: <https://exame.abril.com.br/economia/como-o-Gin-virou-a-nova-estrela-do-mercado-de-bebidas-brasileiro/>. Acesso em: 21 de abril de 2020.

CALVERT, S. **Particle control by scrubbing**. *Handbook of Air Pollution Techonology*, p. 215 – 248, 1984.

CAMBARÁ, Lei nº 19 de 2009. **Dispõe sobre o uso e ocupação do solo urbano do município de Cambará e dá outras providências**. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a1/plano-de-zoneamento-uso-e-ocupacao-do-solo-cambara-pr>. Acesso em: 16 de junho de 2020.

CARNEIRO, Maurício. **Euromonitor: cachaça lidera recuperação do consumo de destilados no Brasil**. 2019. Disponível em: <http://blogs.jornaldaparaiba.com.br/confrariadocopo/2019/10/28/euromonitor-cachaca-lidera-recuperacao-do-consumo-no-brasil/>. Acesso em: 21 de abril de 2020.

CARREIRO. C. M.; **Caldeiras Industriais**. 2018. Disponível em: <https://docplayer.com.br/53927831-Caldeiras-industriais.html>. Acesso em: 15 ago. 2021.

CASTRO, Tancredo Martinho de Oliveira; CAVALLARO, ReGinaldo José; BUCEK, Elizabeth Uber; BEGNINI, Mauro Luiz. **Cálculo do balanço de massa e eficiência**

da caldeira. Brazilian Journal Of Development, [S.L.], v. 6, n. 3, p. 13070-13077, 2020. Brazilian Journal of Development. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv6n3-245>.

CAUNETO, HEITOR. **Estudo de viabilidade econômica e projeto conceitual de planta industrial para produção de etanol de palha e bagaço de cana e comparação com a produção de energia elétrica.** Tese de Doutorado – Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2013. Disponível em: <http://repositorio.uem.br:8080/jspui/bitstream/1/3640/1/000222615.pdf>. Acesso em: 17 out. 2020.

CGEE - Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. **Bioetanol combustível: uma oportunidade para o Brasil.** Brasília - DF, 2009.

CHAVES, J. B. P., SILVA, F. S., CESAR, M. A. A. Controle na produção e dos produtos açucarados. In: **Pequenas Indústria rurais de cana-de-açúcar: melado, rapadura e açúcar mascavo.** EMBRAPA Informação Tecnológica. Brasília, 2003. p. 84-105.

CHIAVENATO, I. **Gestão da produção: uma abordagem introdutória.** Editora Manole, 2015. 9788520445471. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788520445471/>. Acesso em: 2021 ago. 10.

CÔDO, S. M. B. Destilação. In CARDOSO, M. das G. **Produção de Aguardente de cana-de-açúcar.** 3. ed. Capítulo. 4. p. 103-149. Lavras: UFLA, 2013.

COPERSUCAR. **Curso Básico sobre Tratamento do Caldo.** Piracicaba, 1989.

CORRÊA, Ana Carolina. **Qualidade da bebida destilada a partir do mosto combinado de malte de cevada e calda de cana-de-açúcar.** 2015. 120 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2015.

CRUZ, Maria Alexandra Pires. **Síntese de rede de trocadores de calor com considerações sobre o projeto dos equipamentos e o layout da planta industrial.** 132 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Química, Campinas, SP. 2019.

CUNHA, Osmar Ailton Alves da. **Resinas de Troca Iônica. IBP-Tratamento D'água para fins industriais-Resinas de Troca Iônica.** São Paulo, SP, 2006.

DAMY, Carla Raquel Silva; LUZ, Pedro Henrique Cerqueira; VIZZOTTO, Bruna Amália. Manejo do uso da vinhaça no solo agrícola de acordo com a norma técnica P4.231. **Nucleus**, Ituverava, sep. 2008. ISSN 1982-2278. Disponível em: <<http://www.nucleus.feituverava.com.br/index.php/nucleus/article/view/100/141>>. Acesso em: 01 de junho de 2020.

DE LIMA, M.J.Q., TAHAM, T. INFLUÊNCIA NO SABOR E NA QUALIDADE DA CACHAÇA ARTESANAL ENVASADA EM EMBALAGEM DE PLÁSTICO E DE VIDRO. **Cadernos de pós-graduação da FAZU**. Uberaba, v.2, 2011.

DELGADO, A.; CESAR, M.A.A. Elementos de Tecnologia e Engenharia do açúcar de cana. Piracicaba: Zanini,1990. 1061p.

DIFFORD, S. **Gin botanicals**. Disponível em: <<https://www.diffordsguide.com/pt-br/g/1108/Gin/Gin-botanicals>>. Acesso em: out. 2020a.

DIFFORD, Simon. **Gin**: Production. Disponível em: <https://www.diffordsguide.com/pt-br/g/1108/Gin>. Acesso em: 11 de maio de 2020b.

DOW EUROPE SEPARATION SYSTEMS. **FILMTEC Membranes – Technical Manual**, Germany, 1994

EUROMONITOR INTERNATIONAL. **Market Sizes: historical/forecast. Brazil**. London: Euromonitor International, 2020.

FATEC; **Fermentação alcoólica**. Faculdade de Teologia e Ciências, 2006. Disponível em: <http://www.fatecc.com.br/alunos/apostilas/tecnicoagricola/acucarealcool/apostilacucarealcool.pdf>. Acesso em: 08 abr. 2021.

FERRARO, Ronaldo José Silva. **SISTEMA DE OSMOSE REVERSA**. 2008. 60 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade São Francisco, Campinas, 2008. Disponível em: <http://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/1524.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2021.

FERRAZ, F.; Apostila de refrigeração. Santo Amaro, 2008. Centro federal de educação tecnológica da Bahia.

FLUID SEPARATION. **Conceitos básicos sobre osmose reversa**. 1987. p. 19.

FINANCEIRO. **O que é Ponto de Equilíbrio Financeiro? Dicionário Financeiro**, 2020. Disponível em: <https://www.dicionariofinanceiro.com/ponto-de-equilibrio-financeiro/>. Acesso em: 3 ago. 2021.

GENIÊR, Francielli Silva; COSTA, Andréa Oliveira Souza da; JUNIOR, Esly Ferreira da Costa. **CICLOS DE REFRIGERAÇÃO: CONCEITOS E ESTUDOS DE EFICIÊNCIA**. Enciclopédia Biosfera: Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 9, n. 16, p. 2878-2893, jul. 2013.

Geoinfo: **Infraestrutura de dados espaciais da Embrapa. Zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar do estado do Paraná**. 2009. <http://geoinfo.cnps.embrapa.br/documents/1181>. Acesso em: 05 de maio de 2020.

G/NAK, L. **Microcervejarias inovam para sobreviver além do líquido**. O Estado de São Paulo. Disponível em <https://pme.estadao.com.br/noticias/geral,microcervejarias-inovam-parasobreviver-alem-do-liquido,70003208958> Acesso em 11 de maio de 2021.

GOBBI, D.L.; THEIS, A.A.V. **Determinação do teor alcoólico de bebidas destiladas por um destilador automático**. Congresso Brasileiro de Química, 52 ed., Recife, 2012. Disponível em: <http://www.abq.org.br/cbq/2012/trabalhos/10/1477-14831.html>. Acesso em: 08 de maio de 2020.

GÓES-FAVONI, Silvana Pedroso de; MONTEIRO, Anne Caroline Cardoso; DORTA, Claudia; CRIPPA, Mariele Gonçalves; SHIGEMATSU, Elke. Fermentação alcoólica na produção de etanol e os fatores determinantes do rendimento. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, [S.L.], v. 9, n. 4, p. 285-296, 23 maio 2018.

GONÇALVES K. Y. et al. **Processo produtivo do etanol hidratado a partir da cana-de-açúcar**. IX EEPA, Campo Mourão PR, 19 e 20 nov. 2015. Disponível em: http://www.fecilcam.br/anais/ix_eepa/data/uploads/11-agroindustria/11-01.pdf. Acesso em: 27 de abril de 2020.

HELMENSTINE, A. M. **The Chemical Composition of Air**. 2018. Disponível em: <https://www.thoughtco.com/chemical-composition-of-air-604288>. Acesso em: 21 de julho de 2021.

HIMMELBLAU, D. M. **Engenharia química: princípios e cálculos**. Rio de Janeiro: LTC, 2014. ISBN 978-85-216-2608-4. Disponível em: <http://search.ebscohost.com/loGin.aspx?direct=true&db=edsmib&AN=edsmib.000006158&lang=pt-br&site=eds-live&scope=site>. Acesso em: 14 ago. 2021.

HUGOT, E. Manual da Engenharia Açucareira. São Paulo: Mestre Jou, v.1, 1977.

IBGE. **Produção Agrícola - Lavoura Temporária**. 2018. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/tuneiras-do-oeste/pesquisa/14/10193?tipo=ranking&indicador=10246>. Acesso em: 03 de abril de 2020.

IBRAC: INSTITUTO BRASILEIRO DA CACHAÇA. **Mercado Externo**. 2019a.. Disponível em: <http://www.ibrac.net/index.php/servicos/estatisticas/mercado-externo>. Acesso em: 02 de abril de 2020.

IBRAC: INSTITUTO BRASILEIRO DA CACHAÇA. **Secex e IBRAC criam “Aprendendo a Exportar Cachaça”**. 2019b. Disponível em: <http://www.ibrac.net/index.php/noticias/noticias-do-ibrac/516-secex-e-ibrac-criam-aprendendo-a-exportar-cachaca>. Acesso em: 21 de abril de 2020.

INCROPERA, Frank P. et al. **Fundamentos de Transferência de Calor e Massa**. 6º ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2008.

INMETRO. Portaria nº 276, de 2009. Aprova o regulamento de avaliação da conformidade da cachaça. DOU Brasília. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Disponível em: <https://www4.inmetro.gov.br/>. Acesso em 11 de maio de 2020.

INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ (IAP). Portaria nº 239, de 2010. Estabelece critérios para impermeabilização das lagoas de armazenamento de canais para transporte de vinhaça. DOU Brasília. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Disponível em: http://celepar7.pr.gov.br/sia/atosnormativos/form_cons_ato1.asp?Codigo=2357. Acesso em 01 de junho de 2020.

JESUS, C. D. F. **Validação da simulação dinâmica das etapas de evaporação e cristalização da produção de açúcar com dados obtidos em plantas industriais.** Tese (Doutorado) – Universidade Federal de São Carlos, 155p. 2004.

JÚNIOR, José Roberto Coleta; ARRUDA, Luiza de Carvalho Martins. **Proposição de ações de melhoria de desempenho técnico e ambiental em unidade de cogeração de energia elétrica no setor sucroalcooleiro.** Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2012.

JUNIOR J.C.; **Tecnologia e fabricação do álcool.** e-Tec Brasil, p.37, Inhumas - Goiás, 2012. Disponível em: http://redeetec.mec.gov.br/images/stories/pdf/eixo_prd_industr/tec_acucar_alcool/161012_tec_fabric_alc.pdf. Acesso em: 27 abr. 2020.

KPMG. **Estudo do Setor de Bebidas Alcoólicas.** [s.l.], 2019, 14 p.

KUCERA, Jane. **Reverse osmosis: industrial processes and applications.** John Wiley & Sons, 2015.

LACHENMEIER, D. W.; SHMIDT, B.; BRETSCHEIDER, T. **Rapid and mobile brand authentication of Vodka using conductivity measurement.** Microchim Acta, The Netherlands, n. 160, p. 283-289, 2008.

LAPORTA, Taís. **Brasil é o 10º maior mercado de Vodka, a bebida 'anfitriã' da Copa.** 2018. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/noticia/brasil-e-o-10-maior-mercado-de-Vodka-a-bebida-anfitria-da-copa.ghtml>. Acesso em: 21 de abril de 2020.

LAVANHOLI, M.G.D.P. **Qualidade da cana-de-açúcar como matéria-prima para produção de açúcar e álcool.** In: DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M.; LANDELL, M.G.A. Cana-de-açúcar. Campinas: Instituto Agrônomo, p.697-722., 2008.

LEMOS, Amanda. **Bebida conquista paladar do brasileiro.** 2020. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2020/01/barreira-tributaria-limita-Gin-artesanal-a-estados-de-origem.shtml>. Acesso em: 21 de abril de 2020.

LIMA A. C.; **Estudo da aplicação de revestimento duro por soldagem em arames tubulares quanto à resistência ao desgaste de facas e picadores de cana-de-**

açúcar. Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, p.2, 2008. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/14675/1/Aldemi%20-%20parte%201.pdf>. Acesso em: 27 de abril de 2020.

LIMA, Annete de J. Boari et al. **Emprego do carvão ativado para remoção de cobre em cachaça.** Química Nova, v. 29, n. 2, p. 247-250, 2006.

LIMA J. B. et al. **Emprego do carvão ativado para remoção de cobre em cachaça.** Química Nova [online]. 2006, v. 29, n. 2, pp. 247-250. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/SrcFR7jNxnQpxLtqD7LMssp/?lang=pt#>. Acesso em: 10 ago. 2021.

LOPES, C. H.; GABRIEL, A. V.I M. D.; BORGES, M. T. M. R. **Produção de etanol a partir da cana-de-açúcar:** tecnologia de produção de etanol. São Carlos: Uab-Ufscar, 2011. 133 p.

MACEDO, Luiz Carlos Hernandez de. **Álcool etílico: da cachaça ao cereal.** São Paulo: Ícone, 1993. 157 p.

MAPA DA CACHAÇA. **O que é blend de cachaça?** Disponível em: <https://www.mapadacachaca.com.br/artigos/o-que-e-blend-de-cachaca/>. Acesso em 12 de jul. 2020.

MAPA. **Manual de Métodos de Análises de Bebidas e Vinagres.** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Coordenação Geral de Apoio Laboratorial - CGAL. Portaria nº 76 de 27 de nov. de 1986, do Ministério da Agricultura. Diário Oficial, Brasília, 3 de dez. 1986. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/laboratorios/credenciamento-e-laboratorios-credenciados/legislacao-metodos-credenciados/arquivos-metodos-da-area-bev-iqua/destilados-03-grau-alcoolico-real.pdf>. Acesso em 03 de mai. 2021.

MARCONDES L. A.; BUENO S. M.; **Processo de lavagem a seco de cana-de-açúcar.** Revista UNILAGO, 2019. Disponível em: <http://revistas.unilago.edu.br/index.php/revista-cientifica/article/download/220/196>. Acesso em: 27 de abril de 2020.

MARAFANTE, L. J. **Tecnologia da fabricação do álcool e do açúcar.** São Paulo: Ícone, 1993.148p.

MASCIA, Luiz Santiago Veronese. **Curso sobre tratamento de águas de caldeiras. 3.ed.** Caxias do Sul, 2004.

MAY, A. et al. **Sistema Embrapa de produção agroindustrial de sorgo sacarino para bioetanol: Sistema BRS1G-Tecnologia Qualidade Embrapa.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, ago 2012. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/938275/sistema-embrapa-de-producao-agroindustrial-de-sorgo-sacarino-para-bioetanol-sistema-brs1g-tecnologia-qualidade-embrapa>. Acesso em: 17 out. 2020.

MBCONSULTORIA. **Avaliação Temática Integrada.** 2019. Plano Diretor Municipal de Cambará/PR. Disponível em: <https://portaldosmunicipios.pr.gov.br/download/public/arquivos/documentos/44/2019/01/07/95cJBetRNMI0OVtQ8hrldJLICDAYcHTOREoJ3eLt.pdf>. Acesso em: 03 de abril de 2020.

MELLO, E.T., PAWLOWSKY, U. **Minimização de resíduos em uma indústria de bebidas. Engenharia Sanitária e Ambiental.** v.8, n.4, p.249-256, 2003.

MIRANDA M. B. et al. **Qualidade química de cachaças e de aguardentes brasileiras.** Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, out.-dez, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/cta/v27n4/34.pdf>. Acesso em: 13 jul. 2020.

MMD.; **Taxa de depreciação de máquinas e equipamentos.** Blog Muito Mais Digital, 2016. Disponível em: <https://muitomaisdigital.com.br/taxa-de-depreciacao-de-maquinas-e-equipamentos-voce-calcula-confira-dicas/>. Acesso em: 3 ago. 2021.

MULYE, Sumedha. **The effect of distillation conditions and molasses concentration on the volatile compounds of unaged rum.** 2019. Tese de Doutorado. Auckland University of Technology.

MUTTON, M.A., MUTTON, M.J. (2005) Aguardente in: Filho, W.G.V. (Coord.). **Tecnologia de Bebidas: matéria-prima, processamento, BPF/APPCC, legislação e mercado.** Ed. Edgard Blucher, São Paulo, p. 485-524.

NOGUEIRA, A. M. P., FILHO, W. G. V. **Aguardente de cana.** Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas, 2005.

NOVACANA. **USO DA ÁGUA NA PRODUÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR E ETANOL**. 2018. Disponível em: <https://www.novacana.com/cana/uso-agua-producao-cana-etanol>. Acesso em: 08 de junho de 2021.

OLAJIRE, A. A. **The Brewing industry and environmental challenges**. *Journal of Cleaner Production*. Elsevier, Industrial and Environmental Chemistry Unit. p.5, 1º mar. 2012.

OLIVEIRA, A. F. Stella. **Avaliação energética da biomassa do bagaço de cana-de-açúcar em diferentes indústrias sucroenergéticas**. Dissertação de Mestrado Profissional em Produção – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos. 80 f. 2014.

OLIVEIRA, Ana Márcia Lara de. **O processo de produção da cachaça artesanal e sua importância comercial**. 2010. 44 f. Monografia (Especialização) - Curso de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

OLIVEIRA, Renata. **Uma dose de oportunidades**. 2019. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/noticias/-3>. Acesso em: 21 de abril de 2020.

PALACIOS BERECHÉ, Reynaldo. **Modelagem e integração energética do processo de produção de etanol a partir da biomassa de cana-de-açúcar**. 262 p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas, SP. 2011.

PALAZI, A. P.; **Cachaça Mato Dentro: a joia de São Luiz do Paraitinga. Mapa da Cachaça, 2021**. Disponível em: <https://www.mapadacachaca.com.br/artigos/cachaca-mato-dentro-a-joia-de-sao-luiz-do-paraitinga/>. Acesso em: 10 mai. 2021.

PALOTA, H. P.; **Proposta de um modelo para a gestão da qualidade na cadeia da produção da cana-de-açúcar no estado de São Paulo**. Universidade Federal de São Carlos, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/9059/TesePHP.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 13 jul. 2020

PANTALEÃO S. F.; **Insalubridade - o que é? Guia Trabalhista, 2020**. Disponível em: <http://www.guiatrabalhista.com.br/guia/insalubridade.htm>. Acesso em: 3 ago. 2021.

PAULEY, M.; MASKELL, D. **Mini-Review: The Role of *Saccharomyces cerevisiae* in the Production of Gin and Vodka**. Beverages, Edinburgh, v. 3, n. 13, feb., 2017.

PAYNE, J. H. **Operações unitárias na produção de açúcar de cana**. São Paulo: Nobel/Stab, 1989.

PERRY, R. H.; Chilton, C. H. **Chemical Engineers' Handbook**, 5th. ed., New York, McGraw-Hill Book Co., 1997.

PESSOA, Priscilla Figueirêdo Polari. **Opções de Conversão com Movimento de Reversão à Média com Saltos de Poisson: o Caso do Setor Sucroalcooleiro**. 2011. 92 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro - Puc-Rio, Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/colecao.php?strSecao=resultado&nrSeq=18933@1>. Acesso em: 10 ago. 2021.

PINTO, Talita Priscila. CACHAÇA: DESAFIOS ENFRENTADOS PELA INDÚSTRIA NO BRASIL. **Agroanalysis: Mercado&Negócio**, Rio de Janeiro, p.29-30, abr. 2019. Disponível em: <http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/agroanalysis/article/viewFile/79678/76221>. Acesso em: 01 de abril de 2020.

PINTO L.; **Desaeração – fatores que afetam a remoção de oxigênio**. Usinando Negócios, 2019. Disponível em: <https://www.usinandonegocios.com.br/desaeracao-eficiencia-remocao-de-oxigenio/>. Acesso em: 11 ago. 2021.

PIRACICABA (São Paulo). **VINHAÇA – PRINCIPAIS TÉCNICAS DE UTILIZAÇÃO**. 2015. Disponível em: <https://www.piracicabaengenharia.com.br/vinhaca-principais-tecnicas-de-utilizacao/>. Acesso em: 22 maio 2021.

RABELO. R. **Metodologia para análise energética e exergética de uma caldeira aquatubular com queima de bagaço de cana**. Dissertação (Mestrado)– Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia. 88 f. Bauru. 2014

RACCON.; **Investimento inicial: por onde começar seu empreendimento**. Contabilivre, 2018. Disponível em: <https://news.contabilivre.com.br/investimento-inicial/>. Acesso em: 14 ago. 2021.

RIBEIRO M. L.; **Qualidade da cachaça em função do tratamento do caldo e tipo de fermento**. Universidade Estadual Paulista – Unesp, p.13, 2016. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/138045/ribeiro_mld_me_jabo.pdf?sequence=3. Acesso em: 04 de maio de 2020.

RIBEIRO M. L. et al. **Tratamento físico-químico do caldo de cana produz cachaça de qualidade**. Revista Ciência Agronômica, v. 48, n. 3, p. 458-463, jul-set, 2017 Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rca/v48n3/1806-6690-rca-48-03-0458.pdf>. Acesso em: 04 maio 2020.

RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C. **Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente**. Piracicaba: Barros & Marques Ed. Eletrônica, 2004. 302 p.

ROCK.; **Entenda o que é Payback e como calcular o da sua empresa**. Blog Rockcontent, 2018. Disponível em: <https://muitomaisdigital.com.br/taxa-de-depreciacao-de-maquinas-e-equipamentos-voce-calcula-confira-dicas/>. Acesso em: 10 ago. 2021.

RODRIGUES, S. **Viva a língua brasileira!** Uma viagem amorosa, sem caretice e sem vale-tudo, pelo sexto idioma mais falado do mundo - o seu. São Paulo: Companhia das Letras, 2016. 192 p.

ROTHBARTH, Arno. **Reúso De Água Na Cogeração De Energia**. 2010. Disponível em: <https://meiofiltrante.com.br/Artigo/780/reuso-de-agua-na--cogeracao-de-energia>. Acesso em: 10 maio 2021.

ROURE M. **Entenda como funciona o processo produtivo de usinas sucroalcooleiras**. Instrumentação e Controle, 2019. Disponível em: <https://instrumentacaoecontrole.com.br/entenda-como-funciona-o-processo-produtivo-de-usinas-sucroalcooleiras/>. Acesso em: 27 de abril de 2020.

ROWE, G.; OLIVEIRA, J. F.; ROIM, L. C.; GATTO, S. S. R. **CACHAÇA CAPITU: a verdadeira cachaça brasileira**. 2018. 201 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Departamento de Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2018.

RUSSELL, I.; STEWART, G (Eds.). **Whisky: Technology, Production and Marketing**. 2 ed. Oxford: Academic Press. Cap. 7, 2014.

SANTOS, F.A. **Análise da aplicação da biomassa da cana como fonte de energia elétrica: usina de açúcar, etanol e bioeletricidade.** Dissertação (Mestrado), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas. São Paulo, 2012, 115p.

SANTOS, F.A.; **Cálculo da Eficiência de Coluna de Destilação na Fabricação de Etanol.** Universidade de Uberaba, 2017. 5p. Disponível em: <https://repositorio.uniube.br/bitstream/123456789/431/1/TCC%20-%20Felipe%20Alves%20dos%20Santos.pdf>. Acesso em: 08 abr. 2021.

SANTOS F. R.; **Industria cachaceira no Brasil.** Universidade Estadual de Londrina, UEL, 2006. Disponível em: http://www.geo.uel.br/tcc/031_aindustriacachaceiranobrasilatualumestudocomparativootreaciamuraerdebebidascaninha51eaindustriamissiatodebebidasltdacanjamel_2006.pdf.pdf. Acesso em: 10 mai. 2021.

SANTOS, L. C. Análise da variabilidade do processo de filtração em filtros de tambor rotativo contínuo a vácuo para lodo de cana-de-açúcar. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia) Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Bauru-SP.

SEBRAE. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (org). **Cachaça artesanal: Relatório completo.** Brasília, 2013. 84 p.

SEBRAE. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (org.). **A CACHAÇA DE ALAMBIQUE: um estudo sobre hábitos de consumo em Goiânia.** Goiás, 2019. 83 p. (Estudos Mercadológicos).

SENGER, R. Análise do rendimento térmico de uma caldeira mista alimentada com lenha em toras. 2015. 62 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em engenharia mecânica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2015.

SHATAT, M.; WORALL M., RIFFAT, S. **Opportunities for solar water desalination worldwide: Review.** Sustainable Cities and Society, v. 9, p. 67-80, dez. 2013.

SILVA J. A.; **controle de qualidade da cana-de-açúcar crua: Estudo de caso em uma usina do município de Quirinópolis – GO.** Universidade de Rio Verde, p.9,

2016. Disponível em:
http://www.unirv.edu.br/conteudos/fckfiles/files/CONTROLE%20DE%20QUALIDADE%20DA%20CANA-DE-A%3%87%C3%9ACAR%20CRUA_%20ESTUDO%20DE%20CASO%20EM%20UMA%20USINA%20DO%20MUNIC%C3%8DPIO%20DE%20QUIRIN%C3%93POLIS%20-%20GO.pdf. Acesso em: 10 jul. 2020

SILVA, P. M.; **Gestão ambiental dos resíduos gerados na produção da cachaça: alambique Flor do Vale (Canela/RS)**. Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, UCS, 2011. Disponível em: <http://abes-rs.org.br/ambientur/datadesk/download.php?arquivo=resumo/ID14.pdf>. Acesso em: 01 de junho de 2020.

SILVA, P. R. S. **Simulação Dinâmica e Otimização de Evaporadores de Múltiplos Efeitos em Biorrefinarias**. Dissertação (mestrado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia Química. Rio de Janeiro, 2013.
SMITH, R. *Chemical Process Design and Integration*. John Wiley & Sons Ltd, 2005.

SNATURAL. **Desinfecção de Água Potável por Radiação Ultravioleta (UVC) – Equipamentos e Tratamento de Água**. Disponível em: <https://www.snatural.com.br/desinfeccao-ultravioleta-uvc-radiacao-uvc-agua-potavel/>. Acesso em: 16 de agosto de 2021.

SOUZA, Leandro Marelli de; ALCARDE, André Ricardo; LIMA, Fabio Vaz de; BORTOLETTO, Aline Marques. **Produção de Cachaça de Qualidade**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2013. 36,74 p.

SOUZA, M. F. et al. **Diagnóstico ambiental da produção de aguardente no centro-oeste do estado de Minas Gerais**. XVI ENGEMA, 2013. Centro Universitário de FORMIGA – UNIFOR. Disponível em: <http://www.engema.org.br/XVIENGEMA/53.pdf>. Acesso em: 25 de abr. de 2021.

SPELLMAN, F. R. **Reverse Osmosis: A guide for the nonengineering professional**. Taylor and Francis group, 2015.

SYBS.; **Filtros de carvão e multipropósito**. SYBS Indústria Comércio Serviços Ltda, 2021. Disponível em: <https://www.sybs.com.br/filtros-e-lavadores/filtros-de-carvao-e-multiproposito/>. Acesso em: 10 ago. 2021.

TOSETTO, G. M. **Influência da matéria-prima no comportamento cinético de levedura na produção de etanol**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

TOWLER, Gavin; SINNOTT, Ray. **Chemical Engineering Design: Principles, Practice and Economics of Plant and Process Design**. 2. ed. BH, 2012.

TROVATI, Joubert. **Tratamento de Água para Geração de Vapor: Caldeiras**. 2018.

TSA.; **O que é desaeração e como funciona um desaerador?** Torino Soluzioni Ambientali, 2018. Disponível em <http://www.tsambientali.com.br/o-que-e-des aeracao-e-como-funciona-um-des aerador/>. Acesso em: 11 ago. 2021.

UNICA. **União da indústria de cana-de-açúcar**. Disponível em: <http://www.unicadata.com.br/historico-de-area-inep.php?idMn=34&tipoHistorico=6&acao=visualizar&idTabela=2380&estado=Paraná%25C3%25A1&nivelAgregacao=4&municipio=Cambará%25C3%25A1&safralni=2017%2F2018&safrafim=2019%2F2020>. Acesso em: 05 de maio de 2020.

VENCESLAU, Hayssa Michely Barbosa de Barros. **DIVERSIFICAÇÃO DAS APLICAÇÕES DO BAGAÇO DE CANA DE AÇÚCAR**. 2018. 40 f. TCC (Graduação) - Curso de Curso de Tecnologia em Produção Sucrialcooleira, Departamento de Tecnologia Sucrialcooleira-Dts, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/15998>. Acesso em: 10 maio 2021.

VENTURI FILHO, Waldemar Gastoni. **Bebidas Destiladas: ciência e tecnologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda., 2016. 576 p. 1 v.

VIAN, C. E. F.; **Qualidade de matéria-prima**. EMBRAPA, 2017. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.EMBRAPA.br/gestor/cana-deacucar/arvore/CONTAG01_138_22122006154842.html. Acesso em: 10 jul. 2020.

VIÉGAS, Ellen Karine Diniz. **Potencialidade de eucaliptos para o armazenamento e envelhecimento da cachaça**. 2015, 121 f. Tese (Doutorado) – Ciências dos Alimentos, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11141/tde-05112015-142320/pt-br.php>. Acesso em: 07 de maio de 2020.

VOLPE, Thaisa Carvalho. **Avaliação das características físico-químicas da cachaça industrial e artesanal comercializadas no centro norte paranaense.** 2013. 92 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2013.

VRIESEKOOP, F.; OSTROWSKI, D. *Distillation Processes and Distillates*. In: BORDIGA, M. (Ed.). **Post-Fermentation and -Distillation Technology Stabilization, AGing, and Spoilage**. Boca Ratón: CRC Press, 2018. Cap. 2.

WEATHERS. **Clima característico de Cambará.** Disponível em: <https://pt.weatherspark.com/y/29829/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Cambar%C3%A1-Brasil-durante-o-ano>. Acesso em: 06 jun. 2021.

WEBER, H.; **A Destilaria H. Weber.** Disponível em: <https://www.weberhaus.com.br/A-Cachacaria>. Acesso em: 10 mai. 2021.

WIENEKE, F. **Gestão da produção.** Editora Blucher. 2008. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521215639/>. Acesso em: 2021 ago. 10.

YAMADA M. C. **Especificação de experimento, modelos e interfaces padrões para o apoio ao planejamento da produção no setor sucroalcooleiro, via simulação.** Escola de Engenharia de São Carlos, USP, 2004. Disponível em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18135/tde-10022017-160258/publico/Tese_Yamada_MamoruC_corrigido.pdf. Acesso em: 06 jan. 2021.

APÊNDICE A – MEMORIAL DE CÁLCULO

APÊNDICE A1	Equação Geral do BM e BE
APÊNDICE A2	Cálculos de BM e BE no EME
APÊNDICE A3	Cálculos de BE e BE nas Torres de Destilação
APÊNDICE A4	Cálculos de BM e BE nos Trocadores de Calor

APÊNDICE A1

A quantidade de cana-de-açúcar a ser processada pela *Aqua Vitae* foi determinada com base nas projeções de consumo para bebidas destiladas a partir de 2022, que é de mais de 619,9 milhões de litros de bebida alcoólica, somando-se as projeções para a cachaça, *Vodka* e *Gin* (SEBRAE, 2019; LAPORTA, 2018; CALEIRO, 2019).

Visando atender 1% dessa demanda, e sabendo-se que segundo Pessoa (2011) 1 tonelada de cana produz cerca de 80 litros de álcool, determinou-se que a *Aqua Vitae* processará 15 toneladas de cana por hora, operando em dois turnos de 8h cada, totalizando 16h diárias de moagem de cana, gerando uma produção anual de 6,2 milhões de litros de bebida alcoólica.

Os balanços de massa realizados para o projeto da *Aqua Vitae* partiram da equação geral do balanço de massa, descrita por Himmelblau (2019), e mostrada na Equação A.1.

$$\sum Acúmulo = \sum Entrada - \sum Saída + \sum Geração - \sum Consumo \quad (A.1)$$

Essa equação foi utilizada principalmente nos fermentadores, pois é a única etapa do processo em que há a geração e consumo de matéria. Para o restante do processo, os cálculos foram realizados considerando um sistema em estado estacionário, onde não há acúmulo de massa nos equipamentos, e com isso a Equação A.1 pode ser simplificada para a Equação A.2.

$$0 = \sum Entrada - \sum Saída \quad (A.2)$$

Também foram consideradas perdas de massa em todos os equipamentos, pois sabe-se que dificilmente um sistema terá eficiência de 100%. Sendo assim, as perdas foram consideradas para obter-se um resultado mais próximo da realidade, e não da idealidade teórica.

Para os cálculos do balanço de energia, de acordo com o princípio da conservação de energia e segundo Moran et al (2018), pode-se utilizar a equação A.3.

$$\frac{dE}{dt} = \dot{Q} - \dot{W} + \sum_e \dot{m}_e \left(h_e + \frac{V_e^2}{2} + g z_e \right) - \sum_s \dot{m}_s \left(h_s + \frac{V_s^2}{2} + g z_s \right) \quad (\text{A.3})$$

Em que:

E: energia do volume de controle no tempo t;

\dot{Q} : taxa líquida de transferência de calor através do volume de controle;

\dot{W} : taxa líquida de transferência de trabalho através do volume de controle;

h_e e h_s : entalpia específica dos fluidos nas condições de entrada e saída;

V_e e V_s : velocidades de entrada e saída dos fluidos;

z_e e z_s : alturas da entrada e saída em relação a um ponto de referência;

\dot{m}_e e \dot{m}_s : vazões mássicas de entrada e saída do volume de controle;

g: aceleração da gravidade.

Considerando que os processos ocorrem em regime permanente e o trabalho e as energias cinética e potencial são desprezíveis por apresentarem valores muito pequenos quando comparados às outras formas de energia presentes na equação, a Equação A.3 pode ser simplificada para a Equação A.4.

$$\dot{Q} = \sum_s \dot{m}_s * h_s - \sum_e \dot{m}_e * h_e \quad (\text{A.4})$$

Como a maior parte do processo ocorre em regime permanente, com exceção da fermentação, as vazões de entrada e saída em cada equipamento são iguais, permitindo outra simplificação para o balanço de energia, mostrado na Equação A.5.

$$\dot{Q} = \dot{m}_i * C_{p_i} * \Delta T \quad (\text{A.5})$$

Em que:

\dot{m}_i : vazão mássica da corrente i;

C_{p_i} : capacidade calorífica da corrente i ;

ΔT : variação da temperatura de entrada e saída.

Assim, com o auxílio das equações apresentadas foi possível realizar todo o balanço mássico e energético da *Aqua Vitae*.

APÊNDICE A2

O processo de evaporação é caracterizado pela concentração de uma solução por meio da vaporização de um solvente. A fim de reduzir o consumo energético os sistemas de evaporadores podem ser associados entre si, de forma que o vapor gerado em um módulo seja utilizado para alimentar os módulos seguintes, configurando um sistema de evaporadores de múltiplos efeitos (EME) (FOUST et al., 1982).

A *Aqua Vitae* adotará um sistema com queda de pressão constante ao longo de cada evaporador. Para fins de BM e BE, em cada módulo será gerada a mesma quantidade de vapor. Sendo assim, os cálculos foram realizados seguindo as dez etapas descritas abaixo:

- (i) Determinação da queda de pressão global

A partir da definição de uma faixa de pressão para operar os evaporadores é possível determinar a diferença de pressão, conforme a Equação A11.

$$\Delta P = P_{inicial} - P_{final} \quad (\text{A.6})$$

Onde $P_{inicial}$ refere-se a pressão da de alimentação de vapor no primeiro efeito e P_{final} a pressão no último efeito.

- (ii) Determinação da queda de pressão por efeito

A queda de pressão em cada efeito é dada por meio da Equação A12.

$$\frac{\Delta P}{N} \quad (\text{A.7})$$

Onde N representa o número de efeitos. Com esse valor é possível estimar as pressões dos vapores que serão gerados em cada efeito, conforme Equação A13.

$$P_n = P_{n-1} - \Delta P \quad (\text{A.8})$$

Onde: P_n é a pressão no efeito e P_{n-1} é a pressão no efeito anterior. Vale ressaltar que a pressão do último efeito deve ser a mesma da promovida pelo vácuo.

(iii) Determinação da temperatura de ebulição de cada efeito

Por meio dos valores de pressão estimados anteriormente, foram encontradas as temperaturas do vapor em cada efeito de acordo com tabelas termodinâmicas, sabendo que o vapor gerado está no estado saturado.

(iv) Determinação da quantidade total e por efeito de água evaporada

Em seguida foi realizado o balanço de massa global do sistema de evaporadores conforme a Equação A14.

$$F = V + C \quad (\text{A.9})$$

Onde: F é vazão de alimentação do sistema (kg/h);, V é a vazão total de vapor gerada (kg/h); e C é a vazão de concentrado no final do sistema (kg/h);. Também foi realizado o balanço por componentes como descrito na Equação A15.

$$F x_{soluto}^F = V x_{soluto}^V + C x_{soluto}^C \quad (\text{A.10})$$

Sendo: x_{soluto}^i a fração mássica de soluto em cada corrente. A partir desses balanços foi possível encontrara quantidade de vapor total do sistema e como a queda de pressão é constante em cada efeito, a variação de vapor gerada também se mantém constante, ou seja, $\Delta P = \Delta V$. Logo, foi possível encontrar a quantidade de vapor gerada em cada efeito, fazendo uma analogia a Equação A12.

(v) Determinação da concentração de soluto por efeito

Sabendo que, a quantidade de soluto da corrente de alimentação, encontrou-se as concentrações de soluto em cada efeito, a partir da equação A16

$$x_{soluto}^i = \frac{F x_{soluto}^F}{F_i - V_i} \quad (\text{A.11})$$

Em que:

$$F_i = F_{i-1} - V_{i-1} \quad (\text{A.12})$$

Onde: F_i é a vazão de alimentação no efeito (kg/h); e F_{i-1} é a vazão de alimentação do efeito anterior (kg/h);, e V_{i-1} é a vazão de vapor gerada no efeito anterior (kg/h);. Vale ressaltar que a composição no último efeito deve ser a mesma da condição estipulada de projeto, garantindo o fechamento do balanço.

(vi) Determinação da ETE de cada efeito a partir da composição calculada

No entanto, a temperatura depende da concentração e como trata-se de uma mistura de soluto e solvente, foi considerado que em cada módulo do evaporador ocorrerá um efeito de elevação da temperatura (ETE), uma vez que a temperatura determinada no passo (iii) refere-se à água pura. Assim, ETE foi calculada utilizando a relação empírica definida por Hugot (1977), conforme a equação A18.

$$\Delta T_b = 6,064E^{-5} \left[\frac{(273 + T)^2 B^2}{(374,3 - T)^{0,38}} \right] [5,84E^{-7}(B - 40)^2 + 0,00072] \quad (\text{A.13})$$

Onde: ΔT_b representa o valor da elevação da temperatura ($^{\circ}C$), T é a temperatura do solvente ($^{\circ}C$); e B corresponde a concentração de soluto na solução (%). Com esse valor, foi corrigido os valores de temperatura em cada efeito (T^*), conforme a relação indicada e A19.

$$T^* = T + \Delta T_b \quad (\text{A.14})$$

(vii) Determinação da diferença de temperatura entre as câmaras de evaporação e condensação de cada efeito

Além da queda de pressão entre o vapor da calandra e o vapor do evaporador também irá existir uma diferença de temperatura entre o vapor que está se condensando nas calandras e a temperatura da solução em cada efeito. Essa diferença de temperatura é necessária para promover a troca de calor e calcular a área de troca térmica dos módulos. Assim, calculou-se essa diferença de temperatura em cada efeito conforme a Equação A20.

$$\Delta T = T_{condensação} - T_{evaporação} \quad (\text{A.15})$$

(viii) Determinação de calor que deve ser fornecido em cada efeitos

Para cada realizar o BE do sistema foi necessário determinar a quantidade de calor em cada efeito. A quantidade total de calor do sistema (Equação A21) será a somatória das parcelas de calor sensível (Equação A22) e latente (Equação A23) de cada efeito.

$$Q_{total} = Q_{sensível} + Q_{latente} \quad (\text{A.16})$$

$$Q_{sensível} = m_L c_p \Delta T \quad (\text{A.17})$$

$$Q_{latente} = m_V \lambda \quad (\text{A.18})$$

Onde: m_L é a vazão da solução na entrada de cada módulo (kg/h); m_V é vazão de vapor de cada módulo (kg/h); e λ é a entalpia de vaporização (kJ/kg).

(ix) Determinação dos coeficientes globais de troca térmica

Os coeficientes globais de troca térmica (U) podem ser determinados por equações ou relações empírica, no entanto neste trabalho, utilizou-se dados encontrados na literatura.

(x) Determinação da área de troca térmica

A área de troca térmica (m^2) de cada efeito foi calculada por meio da equação A24.

$$A_i = \frac{Q_i}{U_i \Delta T_i} \quad (\text{A.19})$$

APÊNDICE A3

No setor 300, algumas equações foram utilizadas a fim de calcular as condições operacionais e vazões referentes às torres A1 e A2 por meio do balanço material e energético. Além disso, considerou-se uma mistura binária, operação em regime permanente a pressão constante. Sendo assim, as equações principais utilizadas estão dispostas a seguir.

A primeira delas é a de balanço massa global das colunas.

$$F = D + B \quad (\text{A.20})$$

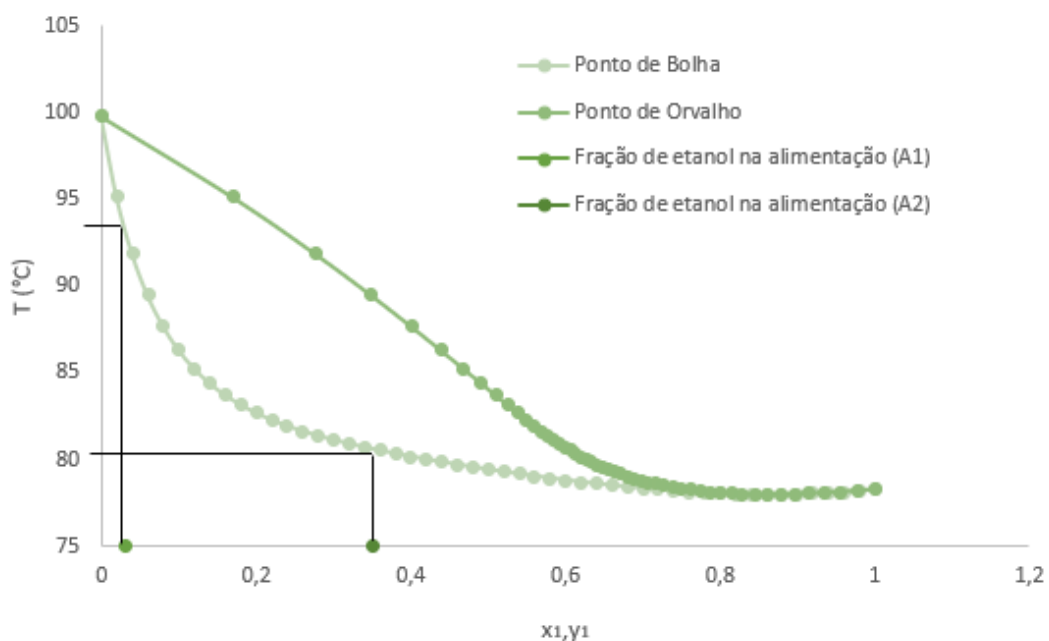
Sendo F a vazão mássica de alimentação, D a vazão mássica de destilado no topo da coluna e B a vazão mássica de produto de fundo. Em seguida, apresenta-se a equação de balanço de massa por componente, descrita pela Equação A.21.

$$F * x_f = D * x_d + B * x_b \quad (\text{A.21})$$

Em que x_f , x_d e x_b são as frações mássicas de etanol na alimentação, no topo da coluna e na base, respectivamente.

Além disso, para otimização do processo, considerou-se nas duas torres a condição de temperatura de bolha na alimentação. A temperatura foi encontrada fazendo uso do diagrama de equilíbrio entre o etanol e a água, conforme ilustra a Figura A4.1.

Figura A4.1 – Diagrama de equilíbrio líquido e vapor (Etanol e Água)



Fonte: Autoria Própria (2021).

Com isso, obteve-se a temperatura de alimentação de 93,4 °C para a primeira coluna e de 79,43 °C para a segunda coluna. A partir das concentrações de saída requeridas para o processo em cada torre *Aqua Vitae*, dos dados encontrados na literatura, das equações de balanço energético e de trocadores de calor citadas anteriormente e das propriedades da mistura, fez-se uso da ferramenta *Solver* do *software* Excel para que os valores faltantes fossem estimados em cada corrente respeitando os parâmetros conhecidos. Para fins de comparação, as torres foram simuladas no *software* livre COCO (*CAPEOPEN to CAPEOPEN*) e mostraram-se coerentes com o calculado de maneira analítica.

APÊNDICE A4

Para obter a área de troca térmica nos trocadores de calor, foi utilizado a equação descrita por Incropera (2018), da taxa de transferência de calor total, considerando os trocadores de casco e tubo de escoamento em contracorrente com os valores do coeficiente global de troca térmica já estabelecidos através da literatura, e a taxa de transferência de calor total já calculada através dos balanços de energia. Os cálculos serão apresentados logo abaixo.

$$q = UA\Delta T_{ml} \quad (\text{A.22})$$

Onde,

$$\Delta T_{ml} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln(\Delta T_2/\Delta T_1)} \quad (\text{A.23})$$

Sendo $\Delta T_1 = T_{q,ent} - T_{f,sai}$, e $\Delta T_2 = T_{q,sai} - T_{f,entra}$, para trocadores do tipo contracorrente. A área de troca térmica então é encontrada a partir da Equação A.8.

$$A = \frac{q}{U\Delta T_{ml}} \quad (\text{A.24})$$

Para a obtenção da quantidade de vazão de vapor de água e de amônia necessários para a transferência de calor, foi utilizada a relação de Incropera (2018), a partir dos balanços globais de energia dos fluidos quente e frio, admitindo-se calor específico constante e considerando-se que não há mudança de fase, as vazões mássicas podem ser encontradas com a equação a seguir:

$$\dot{m}_q = \frac{q}{c_{p,q}(T_{q,ent} - T_{q,sai})} \quad (\text{A.25})$$

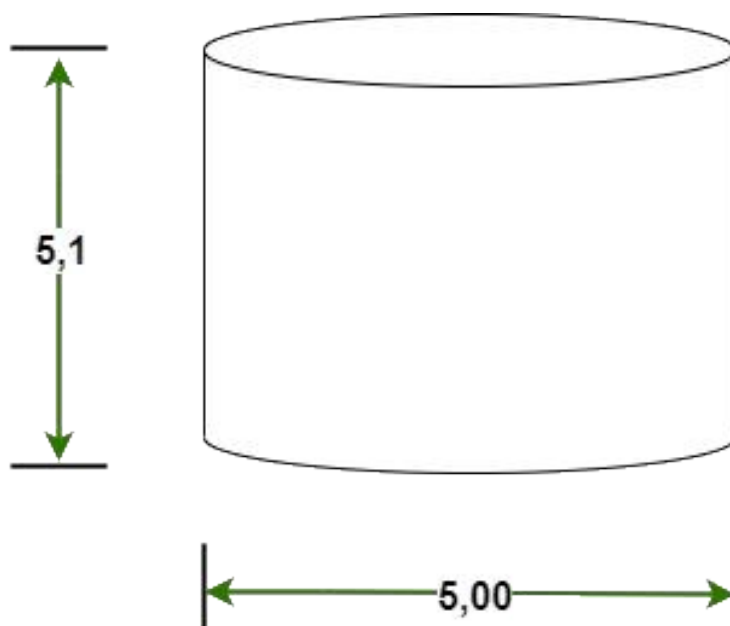
$$\dot{m}_f = \frac{q}{c_{p,f}(T_{q,ent} - T_{q,sai})} \quad (\text{A.26})$$

Onde \dot{m}_q e \dot{m}_f são, respectivamente, a vazão mássica de fluido quente e fluido frio, $c_{p,q}$ e $c_{p,f}$ são, respectivamente, a capacidade calorífica do fluido quente e do fluido frio.

APÊNDICE B – DIMENSÕES BÁSICAS DOS EQUIPAMENTOS

APÊNDICE B1	Tanque de Armazenamento de Xarope
APÊNDICE B2	Dorna de Fermentação
APÊNDICE B3	Tanque de Tratamento de Levedura
APÊNDICE B4	Coluna de destilação A1
APÊNDICE B5	Coluna de destilação A2
APÊNDICE B6	Leito de Carvão Ativado
APÊNDICE B7	Leito de Botânicos
APÊNDICE B8	Tanque de Diluição: <i>Gin</i>
APÊNDICE B9	Tanque de Diluição: Cachaça
APÊNDICE B10	Tanque de Diluição: <i>Vodka</i>
APÊNDICE B11	Sistema de Deionização
APÊNDICE B12	Lagoa de Estabilização

APÊNDICE B1



EQUIPAMENTO: Tanque de Armazenamento de Xarope

MATERIAL: AISI 304/316

ESPESSURA (mm): 6

VOLUME (M³): 100

SETOR: 100

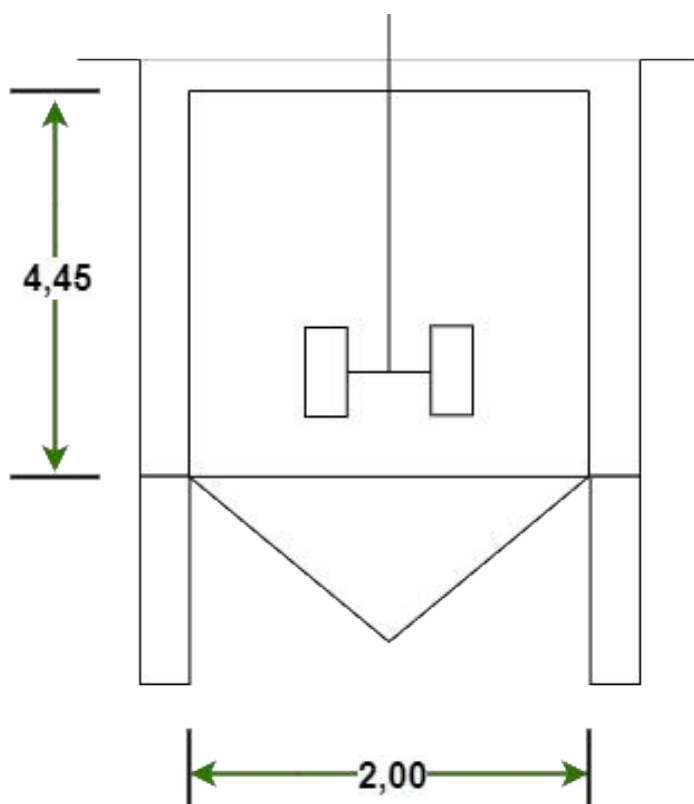
UNIDADE: Metros (m)

ESCALA: 1:1

RESPONSÁVEL: Projetista

AQUAVITAE
DESTILARIA
DESDE 2020
Melhores bebidas para os melhores momentos

APÊNDICE B2



EQUIPAMENTO: Dorna de Fermentação

MATERIAL: AISI 304

ESPESSURA (mm): 6

VOLUME (M³): 5,27

SETOR: 200

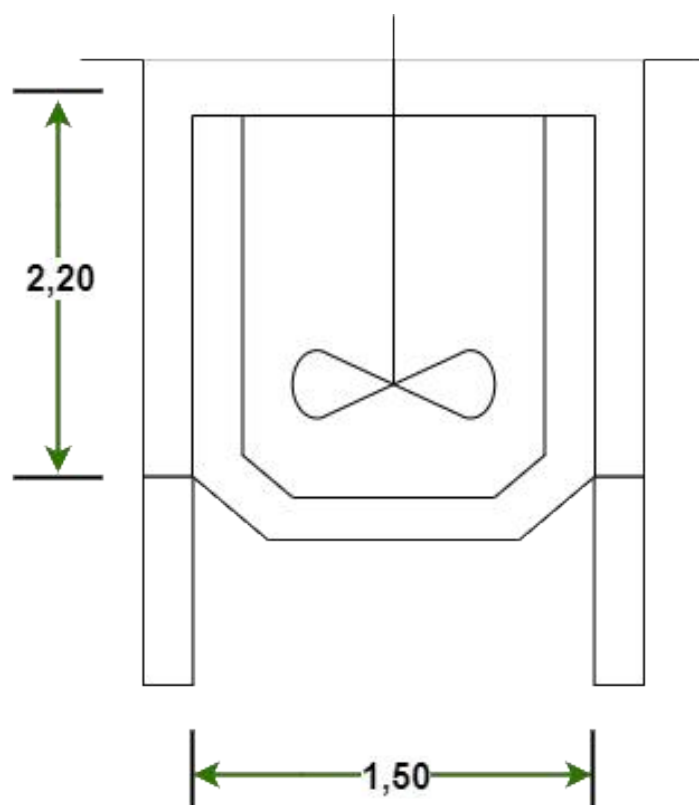
UNIDADE: Metros (m)

ESCALA: 1:1

RESPONSÁVEL: Projetista

AQUA VITAE
DESTILARIA
DESDE 2020
«Melhores bebidas para os melhores momentos»

APÊNDICE B3



EQUIPAMENTO: Tanque de Tratamento de Levedura

MATERIAL: AISI 304/316

ESPESSURA (mm): 6

VOLUME (M³): 1,37

SETOR: 200

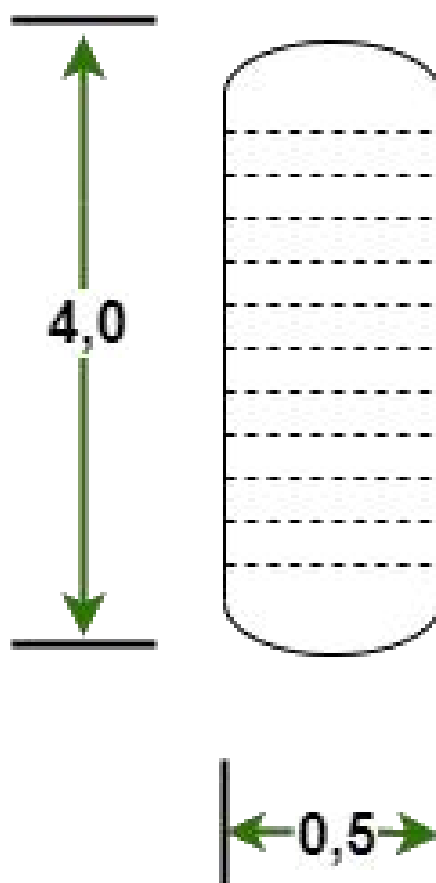
UNIDADE: Metros (m)

ESCALA: 1:1

RESPONSÁVEL: Projetista

AQUAVITAE
DESTILARIA
DESDE 2020
Melhores bebidas para os melhores momentos

APÊNDICE B4



EQUIPAMENTO: 1ª Coluna de Destilação

MATERIAL: Cobre

ESPESSURA (mm): 6

Nº DE PRATOS: 14

SETOR: 300

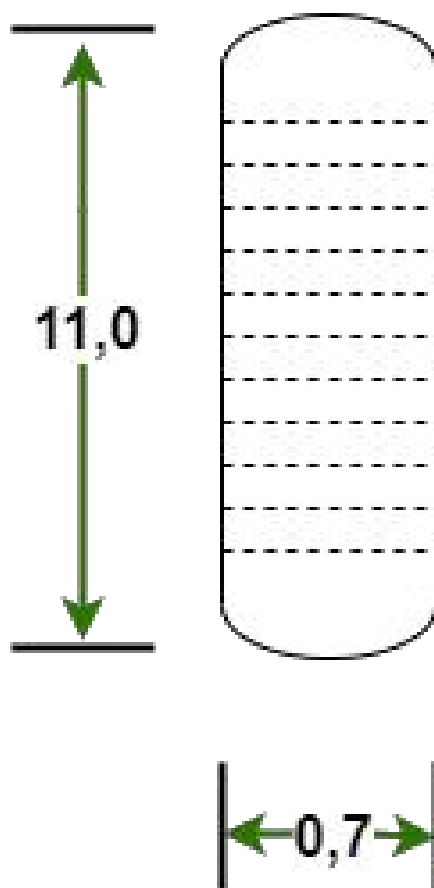
UNIDADE: Metros (m)

ESCALA: 1:1

RESPONSÁVEL: Projetista

AQUA VITAE
DESTILARIA
DESDE 2020
«Melhores bebidas para os melhores momentos»

APÊNDICE B5



EQUIPAMENTO: 2ª Coluna de Destilação

MATERIAL: AISI 304

ESPESSURA (mm): 6

Nº DE PRATOS: 22

SETOR: 300

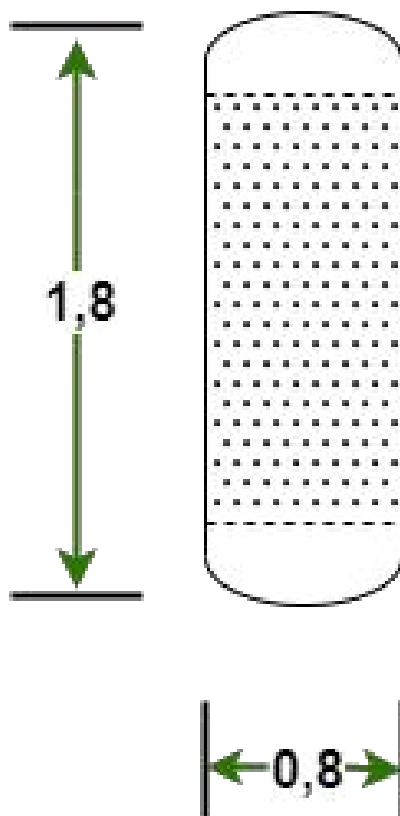
UNIDADE: Metros (m)

ESCALA: 1:1

RESPONSÁVEL: Projetista

AQUA VITAE
DESTILARIA
DESDE 2020
Melhores bebidas para os melhores momentos

APÊNDICE B6



EQUIPAMENTO: Leito de Carvão Ativado

MATERIAL: AISI 304

ESPESSURA (mm): 6

VOLUME (M³): 0,4 m³

SETOR: 300

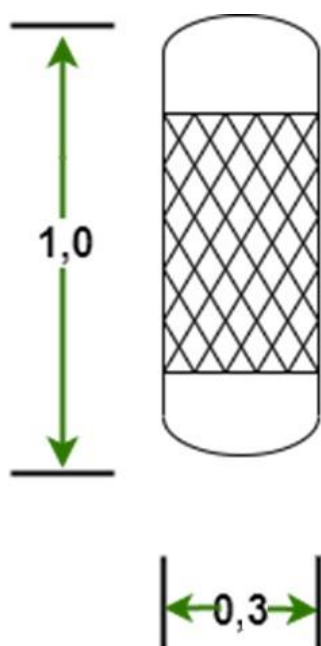
UNIDADE: Metros (m)

ESCALA: 1:1

RESPONSÁVEL: Projetista

AQUA VITAE
DESTILARIA
DESDE 2020
Melhores bebidas para os melhores momentos

APÊNDICE B7



EQUIPAMENTO: Leito de Botânicos

MATERIAL: AISI 304

ESPESSURA (mm): 6

VOLUME (M³): -

SETOR: 300

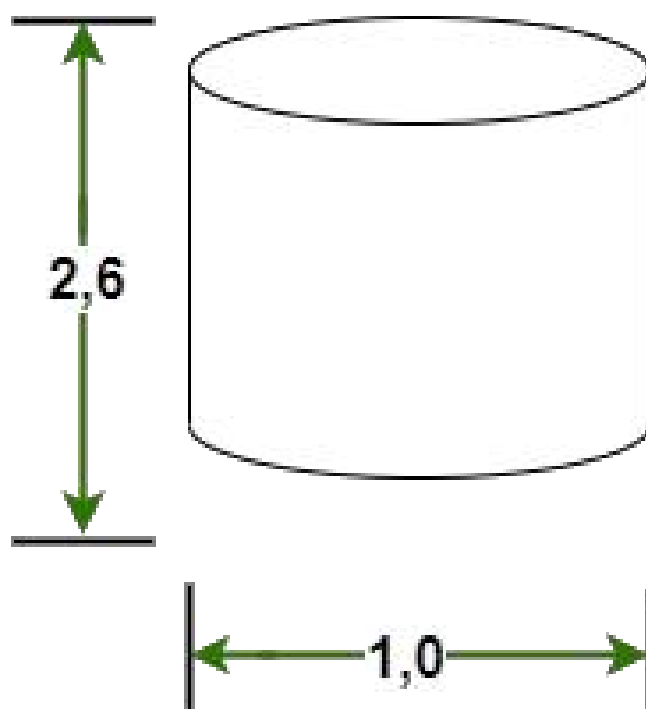
UNIDADE: Metros (m)

ESCALA: 1:1

RESPONSÁVEL: Projetista

AQUA VITAE
DESTILARIA
DESDE 2020
Melhores bebidas para os melhores momentos

APÊNDICE B8



EQUIPAMENTO: Tanque de Diluição de *Gin*

MATERIAL: AISI 304/316

ESPESSURA (mm): 6

VOLUME (M³): 2

SETOR: 400

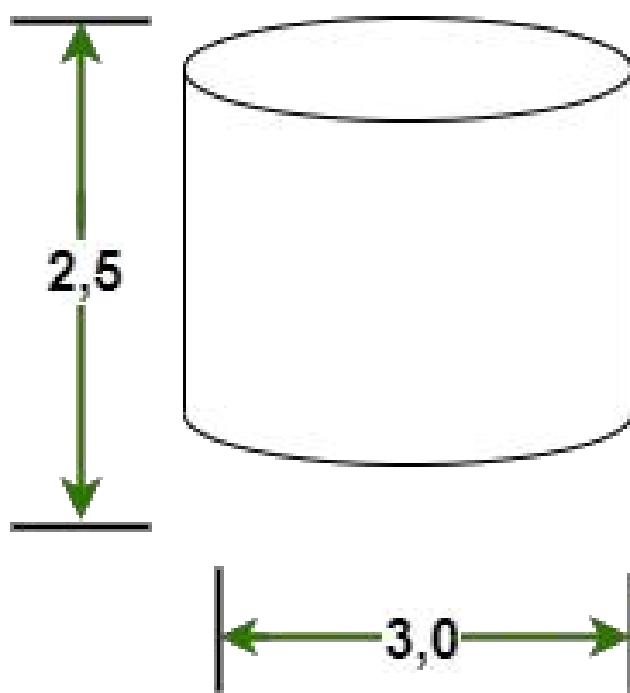
UNIDADE: Metros (m)

ESCALA:

RESPONSÁVEL: Projetista

AQUA VITAE
DESTILARIA
DESDE 2020
Melhores bebidas para os melhores momentos

APÊNDICE B9



EQUIPAMENTO: Tanque de Diluição de Cachaça Ouro e Prata

MATERIAL: AISI 304/316

ESPESSURA (mm): 6

VOLUME (M³): 15

SETOR: 400

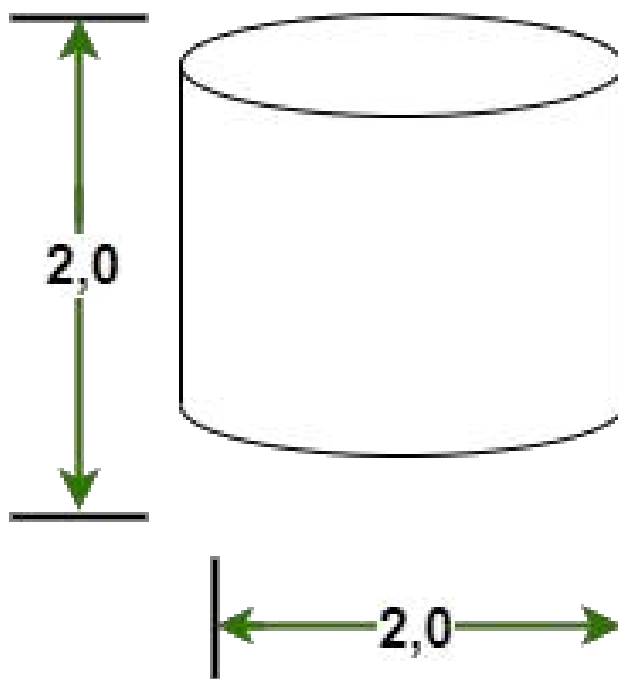
UNIDADE: Metros (m)

ESCALA:

RESPONSÁVEL: Projetista

AQUAVITAE
DESTILARIA
DESDE 2020
Melhores bebidas para os melhores momentos

APÊNDICE B10



EQUIPAMENTO: Tanque de Diluição de *Vodka*

MATERIAL: AISI 304/316

ESPESSURA (mm): 6

VOLUME (M³): 5

SETOR: 400

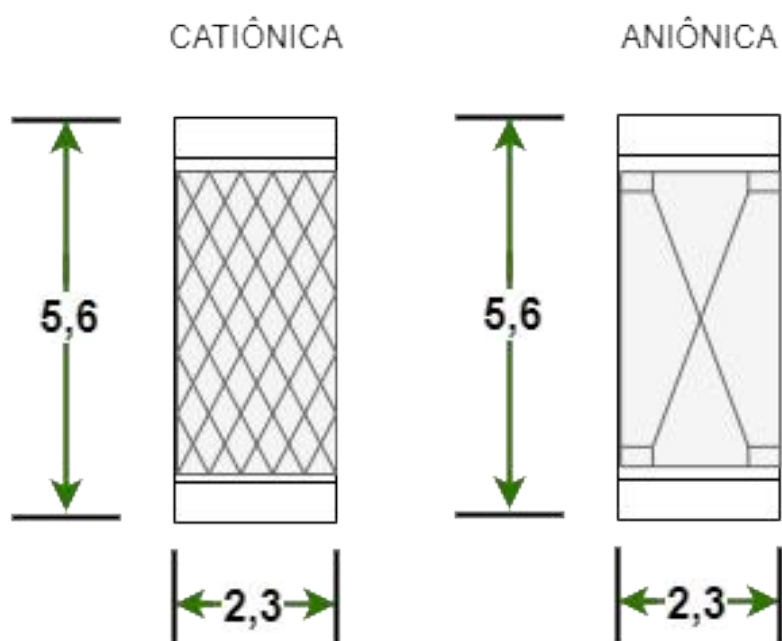
UNIDADE: Metros (m)

ESCALA:

RESPONSÁVEL: Projetista

AQUA VITAE
DESTILARIA
DESDE 2020
«Melhores bebidas para os melhores momentos»

APÊNDICE B11



EQUIPAMENTO: Sistema de Deionização

MATERIAL: AISI 304/316

ESPESSURA (mm): 6

VOLUME (M³): 12,88

SETOR: 500

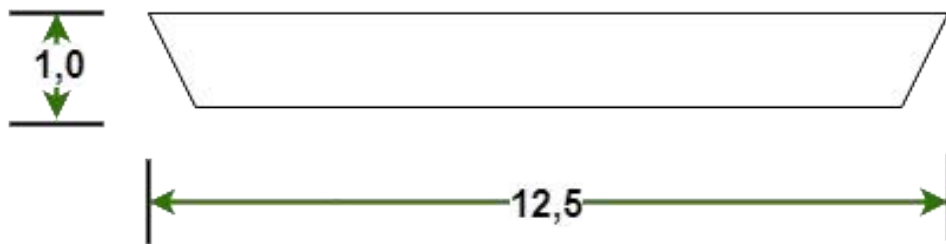
UNIDADE: Metros (m)

ESCALA: 1:1

RESPONSÁVEL: Projetista

AQUAVITAE
DESTILARIA
DESDE 2020
Melhores bebidas para os melhores momentos

APÊNDICE B12



EQUIPAMENTO: Lagoa de Estabilização

MATERIAL: PEAD

ESPESSURA (mm): 10

VOLUME (M³): 150

SETOR: 600

UNIDADE: Metros (m)

ESCALA: 1:1

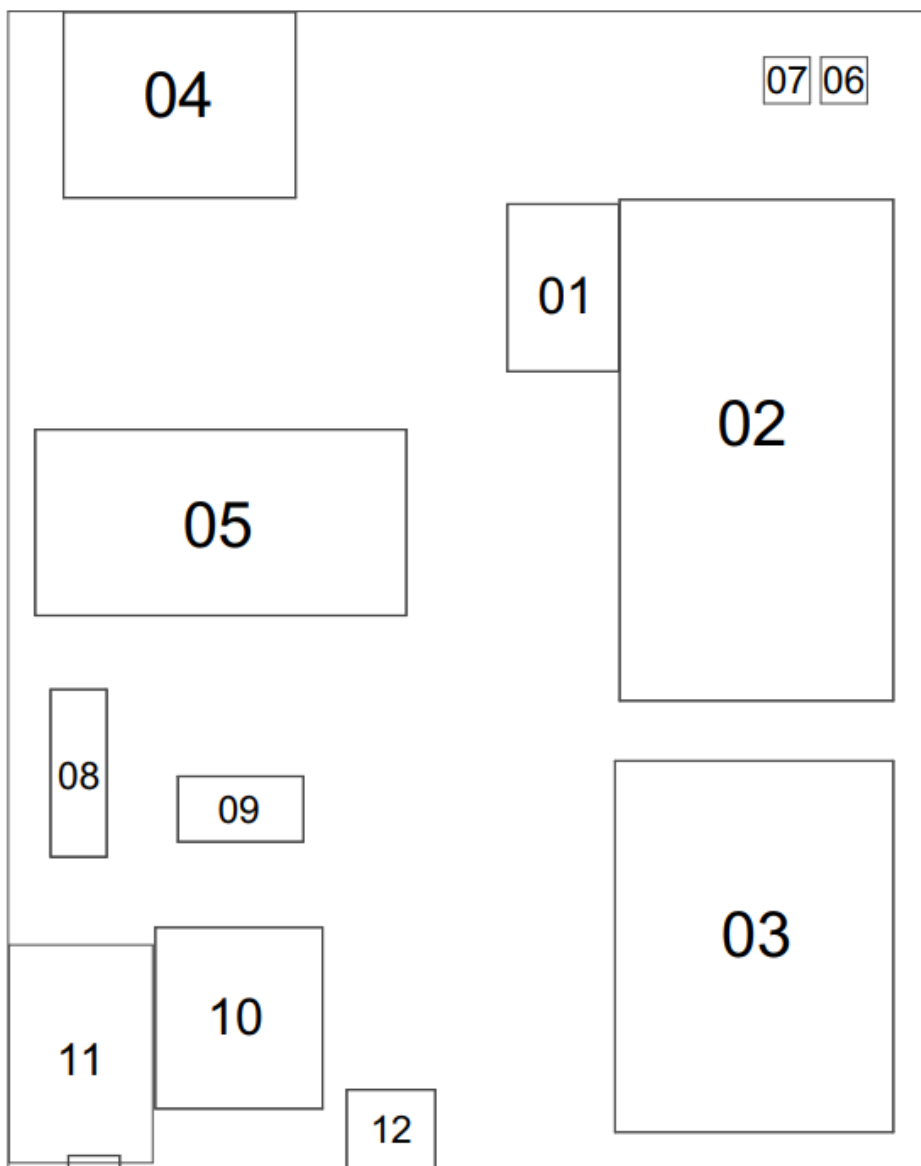
RESPONSÁVEL: Projetista

AQUA VITAE
DESTILARIA
DESDE 2020
Melhores bebidas para os melhores momentos

APÊNDICE C – LAYOUT AQUA VITAE

APÊNDICE C1	Layout
APÊNDICE C2	Legenda do Layout

APÊNDICE C1



ID	PAVIMENTO
01	Recepção e Moagem da Cana, Estocagem de Bagaço
02	Setores 100, 200 e 300
03	Setor 400
04	Setor 500
05	Estacionamento para Caminhões de Carga
06	Lagoa de Estabilização

ID	PAVIMENTO
07	Lagoa de Estabilização
08	Auditório
09	Refeitório
10	Setor Administrativo
11	Estacionamento e Guarita para Veículos
12	Guarita Somente Caminhões

PROJETO

AQUA VITAEESCALA
1:100

CONTEÚDO

Planta de Locação - AQUA VITAE
AQUA VITAE
 DESTILARIA

APÊNDICE C2

ID	PAVIMENTO	ÁREA(m²)
01	Recepção e Moagem da Cana, Estocagem de Bagaço	864
02	Setores 100, 200 e 300	6372
03	Setor 400	4800
04	Setor 500	1500
05	Estacionamento para Caminhões de Carga	3200
06	Lagoa de Estabilização	100
07	Lagoa de Estabilização	100
08	Auditório	432
09	Refeitório	364
10	Setor Administrativo	1365
11	Estacionamento e Guarita para Veículos	1504
12	Guarita Somente Caminhões	285

Fonte: Autoria Própria, (2021).

APÊNDICE D – DESCRITIVO FINANCEIRO

APÊNDICE D1	Equipamentos gerais por setor
APÊNDICE D2	Outros Custos
APÊNDICE D3	Descritivo dos Funcionários

APÊNDICE D1

Setor 100					
Equipamento	Quantidade	Valor unitário		Valor total	
Balança caminhão	1	R\$	32.150,00	R\$	32.150,00
Amostrador	1	R\$	598.746,38	R\$	598.746,38
Hilo	1	R\$	48.590,00	R\$	48.590,00
Esteira transportadora (40m)	2	R\$	608.000,00	R\$	1.216.000,00
Sistema de limpeza a seco	1	R\$	353.000,00	R\$	353.000,00
Picador	1	R\$	1.500.000,00	R\$	1.500.000,00
Desfibrador	1	R\$	2.100.523,50	R\$	2.100.523,50
Calha	1	R\$	358.978,99	R\$	358.978,99
Separador magnético	1	R\$	345.348,40	R\$	345.348,40
Moenda	1	R\$	6.850.000,00	R\$	6.850.000,00
Tanque caleagem	1	R\$	22.100,00	R\$	22.100,00
Decantador	1	R\$	380.000,00	R\$	380.000,00
Tanque caldo clarificado	1	R\$	101.000,95	R\$	101.000,95
Peneira	1	R\$	595.798,98	R\$	595.798,98
Sistema de controle de pH	1	R\$	18.236,87	R\$	18.236,87
Filtro	1	R\$	2.408.945,98	R\$	2.408.945,98
Motor-bomba recalque de água de embebição	1	R\$	62.896,30	R\$	62.896,30
Motor-bomba caldo limpo	1	R\$	74.985,66	R\$	74.985,66
Motor-bomba centrifugas	1	R\$	26.877,96	R\$	26.877,96
Motor-bomba de lodo do decantador	1	R\$	169.876,99	R\$	169.876,99
Evaporador	1	R\$	1.500.000,00	R\$	1.500.000,00
Tanque de armazenamento	15	R\$	164.928,00	R\$	2.473.920,00
Tanque de diluição	1	R\$	96.889,40	R\$	96.889,40
Subtotal				R\$	21.334.866,36

Setor 200					
Equipamento	Quantidade	Valor unitário		Valor total	
Dorna de fermentação	14	R\$	51.522,77	R\$	721.318,78
Lavador de gases	1	R\$	40.000,00	R\$	40.000,00
Centrifuga	3	R\$	48.816,18	R\$	146.448,54
Cuba	3	R\$	100.000,00	R\$	300.000,00
Tanque de tratamento de levedura	2	R\$	42.307,36	R\$	84.614,72
Dorna Volante	1	R\$	95.000,00	R\$	95.000,00
Subtotal				R\$	1.387.382,04

Fonte: Autoria Própria, (2021).

Setor 300					
Equipamento	Quantidade	Valor unitário		Valor total	
Trocador de calor	2	R\$	225,00	R\$	450,00
Torre de cobre (A1)	1	R\$	800.000,00	R\$	800.000,00
Tanque separação (B1)	1	R\$	120.000,00	R\$	120.000,00
Tanque pulmão	1	R\$	95.000,00	R\$	95.000,00
Torre inox (A2)	1	R\$	190.000,00	R\$	190.000,00
Coluna carvão (C2)	4	R\$	164.928,00	R\$	659.712,00
Coluna botânicos (C1)	1	R\$	100.000,00	R\$	100.000,00
Condensador <i>Gin</i>	1	R\$	80.000,00	R\$	80.000,00
Subtotal				R\$	2.045.162,00

Setor 400					
Equipamento	Quantidade	Valor unitário		Valor total	
Tanque descanso cachaça (550m ³)	4	R\$	101.120,00	R\$	404.480,00
Tanque descanso <i>Vodka</i> (60m ³)	1	R\$	32.100,00	R\$	32.100,00
Tanque descanso <i>Gin</i> (5m ³)	1	R\$	10.230,00	R\$	10.230,00
Tanque diluição cachaça ouro (15m ³)	1	R\$	2.100,00	R\$	2.100,00
Tanque diluição cachaça prata (15m ³)	1	R\$	2.100,00	R\$	2.100,00
Tanque diluição <i>Gin</i> (2m ³)	1	R\$	856,00	R\$	856,00
Tanque diluição <i>Vodka</i> (5m ³)	1	R\$	856,00	R\$	856,00
Barris de envelhecimento (100.000 L)	18	R\$	101.120,00	R\$	1.820.160,00
Barris de envelhecimento (700 L)	2500	R\$	2.500,00	R\$	6.250.000,00
Envasadora	4	R\$	112.132,00	R\$	448.528,00
Rotuladora	4	R\$	48.990,00	R\$	195.960,00
Subtotal				R\$	9.167.370,00

Sistema de Refrigeração					
Equipamento	Quantidade	Valor unitário		Valor total	
Trocador de calor	23	R\$	225.000,00	R\$	5.175.000,00
Válvula de expansão	1	R\$	579,99	R\$	579,99
Compressor	1	R\$	33.999,90	R\$	33.999,90
Amônia (kg)	11624,32	R\$	3,12	R\$	36.267,88
Subtotal				R\$	5.245.847,77

Sistema de geração de vapor					
Equipamento	Quantidade	Valor unitário		Valor total	
Sistema de Caldeira	1	R\$	55.600.000,00	R\$	55.600.000,00
Sistema de tratamento da água da caldeira	1	R\$	6.204.500,00	R\$	6.204.500,00
Subtotal				R\$	61.804.500,00

Fonte: Autoria Própria, (2021).

APÊNDICE D2

Matéria-Prima	Valor (R\$/kg)	Quantidade (kg/ano)	Custo anual
Cana-de-açúcar	R\$ 0,10383	60480000	R\$ 6.279.638,40
Levedura <i>Saccharomyces Cerevisiae</i>	R\$ 50,00	1300068	R\$ 65.003.400,00
Leite de cal – Ca (OH) ₂	R\$ 57,98	30240	R\$1.753.315,20
Ácido Sulfúrico	R\$ 91,70	302,40	R\$ 27.730,08
Garrafas	R\$ 3,00	8634000	R\$ 25.902.000,00
Carvão ativo	R\$ 100,00	8884,75	R\$ 888.475,39
Botânicos	R\$ 346,80	500	R\$173.400,00
Total			R\$ 100.027.959,07

Fonte: Autoria Própria (2021).

Frete	
Valor do frete (R\$/t)	R\$ 34,56
Carga (t)	58
Valor por viagem	R\$ 2.004,48
Viagens no dia	4
Custo total de frete	R\$ 8.017,92
Custo anual	R\$ 2.020.515,84

Fonte: Autoria Própria (2021).

Descrição do equipamento de proteção – EPI	Quantidade	Preço Unitário	Preço Total
Luvras de Raspa (par)	100	R\$ 6,50	R\$ 650,00
Óculos de Proteção (par)	100	R\$ 8,00	R\$ 800,00
Máscara de Solda	30	R\$ 46,00	R\$1.380,00
Cinto PQD	30	R\$ 100,00	R\$3.000,00
Abafador de Ruídos	100	R\$ 10,00	R\$ 1.000,00
Capacetes de Segurança	100	R\$ 30,00	R\$ 3.000,00
Botinas de Raspa	100	R\$ 50,00	R\$ 5.000,00
Placa de sinalização de Piso molhado	30	R\$ 35,00	R\$ 1.050,00
Total			R\$ 15.880,00

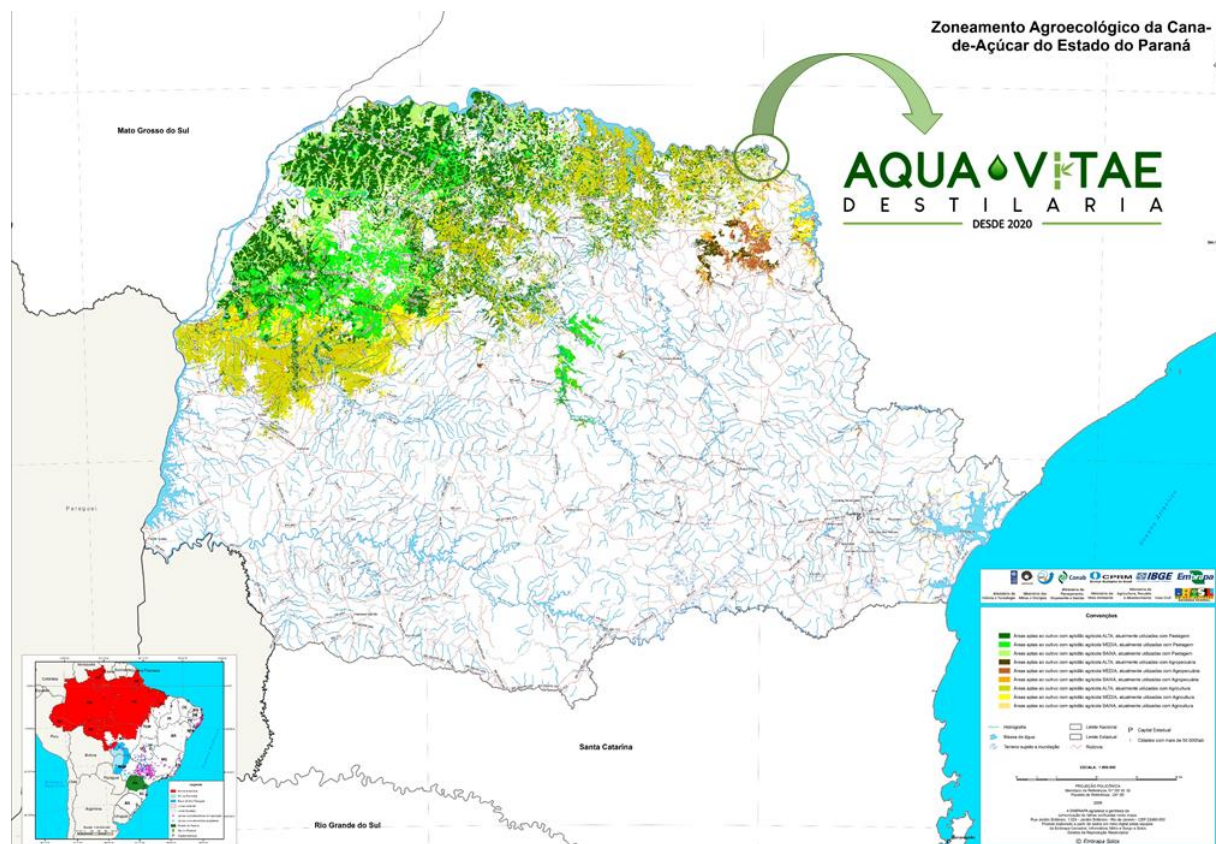
Fonte: Autoria Própria (2021).

APÊNDICE D3

Quantidade	Cargos	Salário	FGTS	Vale Transp.	Vale Refeição	Insalubridades	INSS	Adc. noturno	13º salário	Custo anual
1	Presidente	R\$ 18.000,00	R\$ 1.440,00	R\$ 120,00	R\$ 3.600,00	R\$ -	R\$ 2.160,00	R\$ -	R\$ 21.600,00	R\$ 322.560,00
1	Diretor Industrial	R\$ 10.756,00	R\$ 860,48	R\$ 120,00	R\$ 2.151,20	R\$ -	R\$ 1.505,84	R\$ -	R\$ 13.122,32	R\$ 194.964,56
1	Diretor Financeiro	R\$ 6.528,00	R\$ 522,24	R\$ 120,00	R\$ 1.305,60	R\$ -	R\$ 913,92	R\$ -	R\$ 7.964,16	R\$ 117.761,28
1	Gerente de Gestão de Pessoas	R\$ 5.366,00	R\$ 429,28	R\$ 120,00	R\$ 1.073,20	R\$ -	R\$ 751,24	R\$ -	R\$ 6.546,52	R\$ 96.543,16
1	Analista de Recursos Humanos	R\$ 3.290,00	R\$ 263,20	R\$ 120,00	R\$ 658,00	R\$ -	R\$ 394,80	R\$ -	R\$ 3.948,00	R\$ 57.780,00
1	Contador	R\$ 4.238,00	R\$ 339,04	R\$ 120,00	R\$ 847,60	R\$ -	R\$ 593,32	R\$ -	R\$ 5.170,36	R\$ 75.945,88
1	Técnico em Segurança do Trabalho	R\$ 2.875,00	R\$ 230,00	R\$ 120,00	R\$ 575,00	R\$ 575,00	R\$ 345,00	R\$ -	R\$ 4.025,00	R\$ 57.785,00
1	Gerente Jurídico Financeiro	R\$ 5.366,00	R\$ 429,28	R\$ 120,00	R\$ 1.073,20	R\$ -	R\$ 751,24	R\$ -	R\$ 6.546,52	R\$ 96.543,16
1	Analista Financeiro	R\$ 3.165,00	R\$ 253,20	R\$ 120,00	R\$ 633,00	R\$ -	R\$ 379,80	R\$ -	R\$ 3.798,00	R\$ 55.530,00
1	Coordenador de Manutenção Industrial	R\$ 8.878,00	R\$ 710,24	R\$ 120,00	R\$ 1.775,60	R\$ 1.775,60	R\$ 1.242,92	R\$ -	R\$ 12.606,76	R\$ 183.755,08
1	Auxiliar de Manutenção Industrial	R\$ 3.165,00	R\$ 253,20	R\$ 120,00	R\$ 633,00	R\$ 633,00	R\$ 379,80	R\$ -	R\$ 4.431,00	R\$ 63.759,00
1	Engenheiro Químico	R\$ 6.529,00	R\$ 522,32	R\$ 120,00	R\$ 1.305,80	R\$ 1.305,80	R\$ 914,06	R\$ -	R\$ 9.271,18	R\$ 134.754,94
1	Químico	R\$ 5.708,00	R\$ 456,64	R\$ 120,00	R\$ 1.141,60	R\$ 1.141,60	R\$ 799,12	R\$ -	R\$ 8.105,36	R\$ 117.628,88
2	Analista de Qualidade	R\$ 3.206,00	R\$ 256,48	R\$ 120,00	R\$ 641,20	R\$ 641,20	R\$ 384,72	R\$ -	R\$ 4.488,40	R\$ 124.718,80
1	Auxiliar de Qualidade	R\$ 1.765,00	R\$ 141,20	R\$ 105,90	R\$ 353,00	R\$ 353,00	R\$ 158,85	R\$ -	R\$ 2.418,05	R\$ 34.399,85
1	Gerente de Marketing e Vendas	R\$ 5.366,00	R\$ 429,28	R\$ 120,00	R\$ 1.073,20	R\$ -	R\$ 751,24	R\$ -	R\$ 6.546,52	R\$ 96.543,16
1	Analista de Vendas e Comunicação	R\$ 3.165,00	R\$ 253,20	R\$ 120,00	R\$ 633,00	R\$ -	R\$ 379,80	R\$ -	R\$ 3.798,00	R\$ 55.530,00
1	Diretor de Produção	R\$ 8.727,00	R\$ 698,16	R\$ 120,00	R\$ 1.745,40	R\$ 1.745,40	R\$ 1.221,78	R\$ -	R\$ 12.392,34	R\$ 180.605,22
1	Gerente de Operações	R\$ 5.366,00	R\$ 429,28	R\$ 120,00	R\$ 1.073,20	R\$ 1.073,20	R\$ 751,24	R\$ -	R\$ 7.619,72	R\$ 110.494,76
1	Gerente de PCP e Qualidade	R\$ 5.366,00	R\$ 429,28	R\$ 120,00	R\$ 1.073,20	R\$ 1.073,20	R\$ 751,24	R\$ -	R\$ 7.619,72	R\$ 110.494,76
1	Analistas e Master Blender	R\$ 6.460,00	R\$ 516,80	R\$ 120,00	R\$ 1.292,00	R\$ 1.292,00	R\$ 904,40	R\$ -	R\$ 9.173,20	R\$ 133.315,60
1	Gerente de Suprimentos e Logística	R\$ 5.366,00	R\$ 429,28	R\$ 120,00	R\$ 1.073,20	R\$ -	R\$ 751,24	R\$ -	R\$ 6.546,52	R\$ 96.543,16
3	Operador noturno	R\$ 2.203,00	R\$ 176,24	R\$ 120,00	R\$ 440,60	R\$ 440,60	R\$ 264,36	R\$ 440,60	R\$ 3.524,80	R\$ 141.959,20
2	Operador de Caldeira	R\$ 2.203,00	R\$ 176,24	R\$ 120,00	R\$ 440,60	R\$ 881,20	R\$ 264,36	R\$ 440,60	R\$ 3.965,40	R\$ 106.829,40
1	Comprador de insumo	R\$ 3.165,00	R\$ 253,20	R\$ 120,00	R\$ 633,00	R\$ -	R\$ 379,80	R\$ -	R\$ 3.798,00	R\$ 55.530,00
1	Vendedor	R\$ 2.500,00	R\$ 200,00	R\$ 120,00	R\$ 500,00	R\$ -	R\$ 300,00	R\$ -	R\$ 3.000,00	R\$ 43.560,00
50	Operadores	R\$ 2.203,00	R\$ 176,24	R\$ 120,00	R\$ 440,60	R\$ 440,60	R\$ 264,36	R\$ -	R\$ 3.084,20	R\$ 2.045.964,20
1	Enfermeira	R\$ 3.542,00	R\$ 283,36	R\$ 120,00	R\$ 708,40	R\$ -	R\$ 495,88	R\$ -	R\$ 4.321,24	R\$ 63.236,92
1	Auxiliar de Escritório	R\$ 1.513,00	R\$ 121,04	R\$ 90,78	R\$ 302,60	R\$ -	R\$ 136,17	R\$ -	R\$ 1.770,21	R\$ 25.554,57
1	Receptionista	R\$ 1.356,00	R\$ 108,48	R\$ 81,36	R\$ 271,20	R\$ -	R\$ 122,04	R\$ -	R\$ 1.586,52	R\$ 22.902,84
4	Auxiliar de Serviços Gerais	R\$ 1.356,00	R\$ 108,48	R\$ 81,36	R\$ 271,20	R\$ 271,20	R\$ 122,04	R\$ -	R\$ 1.857,72	R\$ 100.140,60
5	Vigilante	R\$ 2.203,00	R\$ 176,24	R\$ 120,00	R\$ 440,60	R\$ -	R\$ 264,36	R\$ 440,60	R\$ 3.084,20	R\$ 207.372,20
1	Estagiário	R\$ 1.356,00	R\$ 108,48	R\$ 81,36	R\$ 271,20	R\$ 271,20	R\$ 122,04	R\$ -	R\$ 1.857,72	R\$ 26.428,44
93									Custo total	R\$ 5.357.434,62

Fonte: Autoria Própria (2021).

ANEXO I – LOCALIZAÇÃO DA CIDADE DE CAMBARÁ NO ZONEAMENTO AGRÍCOLA DO ESTADO DO PARANÁ.

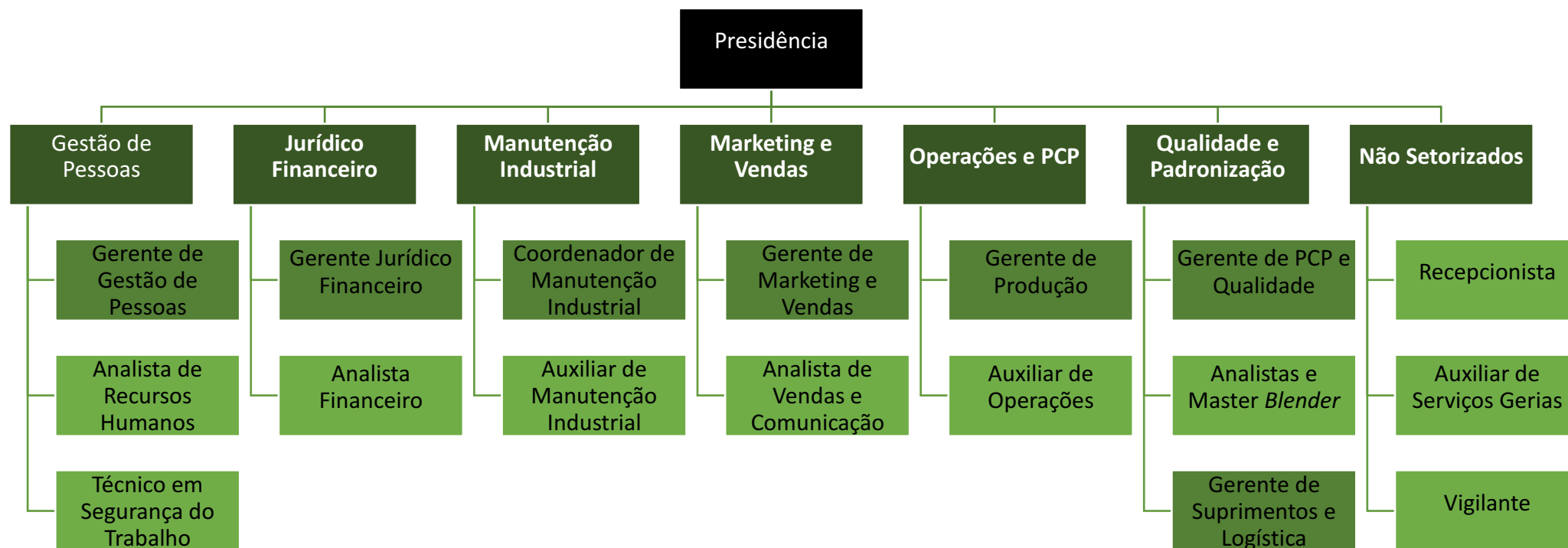


Fonte: Adaptada de GeoInfo, (2020).

ANEXO II – REGIÃO DE INSTALAÇÃO DA DESTILARIA AQUA VITAE.

Fonte: Adaptado de Google Earth, (2020).

ANEXO III – ESTRUTURA ORGANIZACIONAL DA DESTILARIA AQUA VITAE



Fonte: Autoria Própria, (2020).