

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
ENGENHARIA QUÍMICA

MARIA IZABELA DE ALMEIDA SILVA  
THAÍS BRUNA SALA PASQUIM

***ACOFFEE* – INDÚSTRIA DE CAFÉ SOLÚVEL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO 2

APUCARANA  
2018

MARIA IZABELA DE ALMEIDA SILVA  
THAÍS BRUNA SALA PASQUIM

## ***ACOFFEE* – INDÚSTRIA DE CAFÉ SOLÚVEL**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina Trabalho de Conclusão de Curso 2, do curso de Engenharia Química da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química.

Orientador: Prof<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Juliana Guerra Sgorlon

Co-orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Rubiane Ganascim Marques

APUCARANA  
2018



---

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

Acoffee

por

Maria Izabela de Almeida Silva

Thais Bruna Sala Pasquim

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 12 de Novembro de 2018 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Apucarana. Os candidatos foram arguidos pela banca examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a banca examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Juliana Guerra Sgorlon  
Orientadora

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Rubiane Ganascim Marques  
Coorientadora

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Luciana de Souza Moraes  
Membro

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maraísa Lopes de Menezes  
Membro

“A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso”.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por ter-nos dado saúde e força para superar as dificuldades.

Aos nossos pais e familiares que nos apoiaram, incentivaram e não mediram esforços para que aqui estivéssemos.

Aos docentes que contribuíram com conhecimento e experiências, em especial, a professora Luciana e ao professor Fernando que estiveram sempre em prontidão para nos auxiliar.

As nossas orientadoras professoras Juliana e Rubiane, pelo suporte, pelas correções e incentivos.

Aos amigos pelo companheirismo, pela amizade e por todos momentos compartilhados.

E a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a elaboração deste trabalho.

*“Tudo tem o seu tempo determinado, e há tempo para todo o propósito debaixo do céu.”*

*Eclesiastes 3:1*

S. Maria I. de A.; P. Thaís. S. **Indústria de Café Solúvel Acoffee**. 2018. 190 f. Trabalho de Conclusão de Curso 2 (Engenharia Química) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, 2018.

## RESUMO

O café é pertencente ao gênero *Coffea*, possuindo dentre as espécies mais cultivadas a *Coffea arábica* e a *Coffea canephora*. O café é uma bebida muito apreciada no mundo todo, agregando grande valor a esse ramo industrial. Afim de trazer praticidade às pessoas, criou-se uma versão instantânea para essa bebida. O consumo de café solúvel vem crescendo nos últimos anos como consequência de sua conveniência e versatilidade. O mesmo é produzido a partir de *blends* especiais de cafés selecionados, passando por extração dos sólidos solúveis presentes nos grãos, seguido de secagem. Em especial, o café solúvel processado pelo método de secagem *freeze-drying* (liofilização) é a bebida que possui maior qualidade, dentre todas produzidas no ramo, uma vez que esse processo preserva mais o aroma e o sabor do café, além de apresentar uma maior durabilidade. Por esse motivo, o presente trabalho propõe o desenvolvimento de uma indústria de café solúvel, denominada *Acoffee*, sendo apresentado todo seu processo de produção, balanço de massa e energia para todas etapas, a integração energética, bem como as medidas tomadas para os resíduos gerados, o *layout*, o dimensionamento e análise financeira. A empresa operará 355 dias do ano e 24 horas por dia, sendo essa responsável por uma produção anual de  $6,99 \cdot 10^3$  toneladas de café solúvel e  $4,77 \cdot 10^3$  toneladas de extrato.

**Palavras-chaves:** Café. Café Solúvel. Produção. Liofilização. *Acoffee*.

S. Maria I. de A.; P. Thaís. S. **Indústria de Café Solúvel Acoffee**. 2018. 190 f. Trabalho de Conclusão de Curso 2 (Engenharia Química) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, 2018.

## ABSTRACT

Coffee belongs to the genus *Coffea*, having among the most cultivated species *Coffea arabica* and *Coffea canephora*. Coffee is a very cherished beverage worldwide, adding great value to this industry. In order to bring practicality for people, an instant version was created for this drink. The consumption of soluble coffee has been growing in recent years as a consequence of its convenience and versatility. This is produced from special blends of selected coffees, through extraction of the soluble solids present in the grains, followed by drying. In particular, the soluble coffee processed by the freeze-drying drying method is the drink that has the highest quality, among all produced in the branch, since this preserves the aroma and the flavor of the coffee, besides presenting a greater durability. Therefore, the present work aims the development of a soluble coffee industry, denominated *Acoffee*, being presented all its production process, mass and energy balance for all stages, integration energy, as well as the measures taken for the waste generated, layout, sizing and financial analysis. The company will operate 355 days a year and 24 hours a day, which is responsible for an annual production of  $6.99 \cdot 10^3$  tons of soluble coffee and  $4.77 \cdot 10^3$  tons of extract.

**Keywords:** Coffee. Instant Coffee Production. Freeze Drying. *Acoffee*.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Desenho do fruto do café e suas partes.....	24
<b>Figura 2</b> – Estatísticas do comércio de café para os cinco maiores exportadores.....	27
<b>Figura 3</b> – Maiores exportadores de café solúvel.....	29
<b>Figura 4</b> – Países importadores de café solúvel.....	30
<b>Figura 5</b> – Diagrama de blocos das etapas de produção do café solúvel.....	31
<b>Figura 6</b> – a) Café obtido por <i>Spray Dryer</i> , b) Café obtido por <i>Freeze Dryer</i> .....	33
<b>Figura 7</b> – Organograma da indústria de café solúvel <i>Acoffee</i> .....	36
<b>Figura 8</b> – Fronteiras entre o estado do Espírito Santo.....	37
<b>Figura 9</b> – Localização da cidade de Linhares-ES.....	38
<b>Figura 10</b> – Rede portuária, ferroviária e aquaviária.....	39
<b>Figura 11</b> – IFDM e áreas de desenvolvimento de Linhares-ES.....	40
<b>Figura 12</b> – Situação relativa do município de Linhares-ES.....	40
<b>Figura 13</b> – Participação setorial no PIB por unidade geográfica.....	41
<b>Figura 14</b> – Diagrama de blocos das etapas de produção do café solúvel da indústria <i>Acoffee</i> .....	43
<b>Figura 15</b> – Apresentação esquemática da cinética da evolução do sabor durante a torrefação.....	44
<b>Figura 16</b> – Sequência típica de eventos na operação de uma bateria de percolação para café instantâneo. Forma, tamanho e número de colunas são diagramáticos.....	47
<b>Figura 17</b> – Esquema geral de um liofilizador.....	49
<b>Figura 18</b> – Processo de peneiramento dos grãos beneficiados.....	54
<b>Figura 19</b> – Processo de peneiramento dos grãos beneficiados do tipo arábica.....	55
<b>Figura 20</b> – Processo de peneiramento dos grãos beneficiados do tipo conilon.....	56



<b>Figura 21</b> – Torrador: arábica.....	60
<b>Figura 22</b> – Torrador: colinon.....	62
<b>Figura 23</b> – Processo de moagem.....	67
<b>Figura 24</b> – Processo de extração com 5 percoladores.....	70
<b>Figura 25</b> – Processo de centrifugação.....	77
<b>Figura 26</b> – Processo de concentração.....	79
<b>Figura 27</b> – Estágios do processo de liofilização.....	83
<b>Figura 28</b> – Processo <i>freeze-drying</i> genérico.....	83
<b>Figura 29</b> – Câmara de Congelamento.....	86
<b>Figura 30</b> – Etapa de secagem.....	87
<b>Figura 31</b> – Condensador.....	89
<b>Figura 32</b> – Integração energética do processo de produção <i>Acoffee</i> .....	91
<b>Figura 33</b> – Aplicação da integração no processo.....	92
<b>Figura 34</b> – Fluxograma das etapas de tratamento de efluentes da Indústria <i>Acoffee</i> .....	97
<b>Figura 35</b> – Equipamentos da ETE.....	100
<b>Figura 36</b> – Sistema de aquecimento.....	103
<b>Figura 37</b> – Caldeira LHC.....	103
<b>Figura 38</b> – Torrador modelo Smart.....	108
<b>Figura 39</b> – Colunas de extração.....	109
<b>Figura 40</b> – Centrífuga clarificadora.....	110
<b>Figura 41</b> – Representação do Crioconcentrador.....	110
<b>Figura 42</b> – Ilustração do sistema de secagem: (1) Pré-congelamento; (2) Congelamento; (3) Granulação; (4) Adição da bandeja no liofilizador; (5) Café liofilizador; (6) Liofilizador – Atlas CONRAD.....	112
<b>Figura 43</b> – (1) Ensacadeira para <i>big bags</i> ; (2) Ensacadeira para sacos de 60 Kg; (3) Envasadora de tambores.....	113
<b>Figura 44</b> – Prensa modelo PRG-900.....	114

<b>Figura 45</b> – Trocador de calor: (1) A placas; (2) Bitubular.....	115
<b>Figura 46</b> – Localização do terreno da indústria <i>Acoffee</i> .....	116
<b>Figura 47</b> – Modelo DFC.....	123
<b>Figura 48</b> – Relação entre fluxo de caixa e tempo.....	141
<b>Figura 49</b> – Relação entre <i>Payback</i> e tempo.....	141
<b>Figura 50</b> – Custos em relação à quantidade vendida (Kg).....	143
<b>Figura 51</b> – Diagrama de Temperatura com $\Delta T$ mínimo de 10°C.....	169
<b>Figura 52</b> – Valores para largura da garganta (W) em função da vazão.....	174
<b>Figura 53</b> – Valores de N e K em função da largura da garganta (W).....	175
<b>Figura 54</b> – Relação de efetividade e NUT para trocadores de calor com contrafluxo.....	182

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> – Definição do negócio.....	42
<b>Quadro 2</b> – Dimensões e especificações dos equipamentos referentes ao café crú.....	107
<b>Quadro 3</b> – Dimensões do Torrador.....	108
<b>Quadro 4</b> – Dimensões e especificações dos equipamentos referentes ao café torrado.....	109
<b>Quadro 5</b> – Dimensões da coluna de percolação e centrífuga.....	110
<b>Quadro 6</b> – Dimensões do sistema de concentração.....	111
<b>Quadro 7</b> – Dimensões do sistema de secagem.....	111
<b>Quadro 8</b> – Equipamentos para envase.....	113
<b>Quadro 9</b> – Dimensões e especificações dos utilidades.....	114
<b>Quadro 10</b> – Dimensões dos equipamentos de troca térmica.....	114
<b>Quadro 11</b> – Legenda para ambientes – Prancha 1.....	120
<b>Quadro 12</b> – Legenda para maquinários – Pracha 1.....	120
<b>Quadro 13</b> – Legenda para ambientes – Prancha 2.....	122
<b>Quadro 14</b> – Legenda para maquinários – Pracha 2.....	122
<b>Quadro 15</b> – Cargo e salários no setor de produção.....	125
<b>Quadro 16</b> – Tabela de funcionários.....	126
<b>Quadro 17</b> – Depreciação.....	136
<b>Quadro 18</b> – Valores de entalpia para Água, Amônia, Ar e Freon em diversas temperaturas e pressão.....	167
<b>Quadro 19</b> – Dados das correntes de diagrama PFD.....	187

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Composições e vazões das correntes 1, 2 e 3 para o café arábica e das correntes 18, 19 e 20 para o café conilon no processo de limpeza e seleção.....	57
<b>Tabela 2</b> – Composições e vazões das correntes 4, 8, 14 e 16 para o processo de torrefação de grãos arábica e calor liberado na torrefação.....	62
<b>Tabela 3</b> – Composições e vazões das correntes 7, 21 22 e 24 para o processo de torrefação de grãos conilon e calor requerido na torrefação.....	64
<b>Tabela 4</b> – Dados das correntes 10, 15 e 16 para o processo e calor liberado no resfriamento.....	65
<b>Tabela 5</b> – Dados das correntes 11, 23 e 24 para o processo e calor liberado no resfriamento.....	66
<b>Tabela 6</b> – Composições e vazões das correntes 17, 25, 26 e 27 para o processo de moagem.....	69
<b>Tabela 7</b> – Dados das correntes 28*, 29, 30 e 64 para o processo de extração no extrator 1.....	72
<b>Tabela 8</b> – Dados das correntes 28*, 31, 32 e 33 para o processo de extração no extrator 2.....	73
<b>Tabela 9</b> – Dados das correntes 28*, 34, 35 e 36 para o processo de extração no extrator 3.....	74
<b>Tabela 10</b> – Dados das correntes 28*, 37, 38 e 39 para o processo de extração no extrator 4.....	75
<b>Tabela 11</b> – Dados das correntes 28*, 40, 41 e 42 para o processo de extração no extrator 5.....	77
<b>Tabela 12</b> – Composições e vazões das correntes 47, 48 e 49 para o processo de centrifugação.....	78
<b>Tabela 13</b> – Composições e vazões das correntes 33, 34, 36, 37 e 38 para o processo de concentração.....	80
<b>Tabela 14</b> – Valores do calores para coluna de lavagem.....	82
<b>Tabela 15</b> – Composições e vazões das correntes 55, 67 e 68 para o processo de liofilização.....	84
<b>Tabela 16</b> – Balanço de Massa e Energia para o processo de Liofilização.....	88

<b>Tabela 17</b> – Balanço de Massa e Energia para o condensador.....	89
<b>Tabela 18</b> – Temperatura das correntes integradas.....	90
<b>Tabela 19</b> – Dados das correntes quentes e fria.....	91
<b>Tabela 20</b> – Integração energética do processo de produção da <i>Acoffee</i> .....	92
<b>Tabela 21</b> – Composição média do efluente de café solúvel .....	96
<b>Tabela 22</b> – Condições e padrões para descarte de efluentes – CONAMA 430/11.....	96
<b>Tabela 23</b> – Dimensionamento ETE – volume e área.....	100
<b>Tabela 24</b> – Composições e vazões das correntes 56, 57 e 58 para a presangem.....	102
<b>Tabela 25</b> – Dados das correntes geradas.....	105
<b>Tabela 26</b> – Carga horária semanal.....	124
<b>Tabela 27</b> – Custo mensal fixo.....	127
<b>Tabela 28</b> – Preço do Café Solúvel (sem impostos).....	128
<b>Tabela 29</b> – Preço do Extrato (sem impostos).....	128
<b>Tabela 30</b> – Custo operacional dos produtos.....	129
<b>Tabela 31</b> – Estoque inicial.....	130
<b>Tabela 32</b> – Tempo médio de recebimento das vendas.....	130
<b>Tabela 33</b> – Tempo médio de pagamento das compras.....	130
<b>Tabela 34</b> – Capital de giro em dias.....	131
<b>Tabela 35</b> – Caixa mínimo.....	131
<b>Tabela 36</b> – Preço dos equipamentos.....	132
<b>Tabela 37</b> – Preço dos materiais e equipamentos extras.....	132
<b>Tabela 38</b> – Preço dos adicionais.....	132
<b>Tabela 39</b> – Divisão do financiamento.....	133
<b>Tabela 40</b> – Simulação de financiamento BNDES Finame Demais BK.....	134
<b>Tabela 41</b> – Receita bruta.....	135

<b>Tabela 42</b> – Impostos.....	135
<b>Tabela 43</b> – Fluxo de Caixa.....	138
<b>Tabela 44</b> – Determinação do <i>Payback</i> .....	140
<b>Tabela 45</b> – Dados referente ao ponto de equilíbrio.....	142
<b>Tabela 46</b> – Custos em relação á quantidade vendida (Kg).....	143
<b>Tabela 47</b> – Entalpia para correntes.....	168
<b>Tabela 48</b> – Valores dos calores para o método Pinch.....	170
<b>Tabela 49</b> – Vazões para as correntes de entrada para ETE.....	173
<b>Tabela 50</b> – Dimensões da Calha Parshall e Gradeamento.....	176
<b>Tabela 51</b> – Dimensionamento Desarenador.....	176
<b>Tabela 52</b> – Dimensionamento 1º Decantador.....	177
<b>Tabela 53</b> – Dimensionamento Equalizador.....	178
<b>Tabela 54</b> – Valores adotados para os parâmetros.....	179
<b>Tabela 55</b> – Dados 2º Decantador.....	179
<b>Tabela 56</b> – Dimensões Flotador.....	180
<b>Tabela 57</b> – Dados dos trocador de placas utilizados no processo de produção.....	182
<b>Tabela 58</b> – Dados do condensador C-601.....	183
<b>Tabela 59</b> – Dados dos fluidos no R-401.....	184
<b>Tabela 60</b> – Dados do resfriador R-401.....	184

## LISTA DE SIGLAS

ABIC – Associação Brasileira da Indústria de Café  
ABCS – Associação Brasileira da Indústria de Café Solúvel  
ANTT- Agência Nacional de Transportes Terrestres  
Bandes- Banco de Desenvolvimento do Espírito Santo  
BICC – Bureau de Inteligência Competitiva de Café  
BNDES – Banco Nacional do Desenvolvimento  
Cecafe – Conselho dos Exportadores de Café do Brasil  
CGU – Controladoria-Geral da União  
Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
ETENE – Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste  
Firjan – Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro  
IBC – Instituto Brasileiro do Café  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
ICO – International Coffee Organization  
IJSN – Instituto Jones dos Santos Neves  
Incaper – Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural  
ITC – International Trade Centre  
Mapa – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento  
SCAA – Specialty Coffee Association of America  
USDA – United States Department of Agriculture

## LISTA DE SÍMBOLOS

B.U – Base úmida

b.s – Base seca

C – Celsius

$F_i$  – Vazão mássica nas diferentes correntes

h – Hora

Kg – Quilograma

K – kelvin

M – Vazão mássica nas diferentes correntes

m – Massa

min – Minutos

SS – Sólidos solúveis

SI – Sólidos insolúveis

t – Toneladas

$X_i$  – Composição nas diferentes correntes (i)

$C_{p_i}$  – Calor específico das diferentes correntes(i)

$Q_i$  – Calor nas diferentes correntes/equipamento (i)

$h_i$  – Entalpia das diferentes correntes (i)

L – Comprimento

B – Largura

H – Altura

V – Volume

$\bar{Q}_i$  – Vazão volumétrica nas diferentes correntes

a.a – Ao ano

$\tau$  - Tempo

$A_{r'_i}$  – Área nas diferentes superfícies

### *Subscritos*

A – Água

Aq – Aquecimento



Ar – Ar  
arábica – Café Arábica  
B – Borra  
conilon – Café Conilon  
C – Cristalizador  
Ca – Café  
Cav – Cavaco  
Cb – Combustão  
CG – Câmara de congelamento  
Co - consumida  
CV – Compostos Voláteis  
E – Extrato  
F – Freon  
f – Final  
i – Inicial  
impurezas – Impurezas  
L – Liofilizador  
MX – Máxima  
MN - Mínima  
N - Necessário  
NH<sub>3</sub> – Amônia  
SS – Sólidos Solúveis  
SI – Sólidos Insolúveis  
r – Resfriamento  
TC – Trocador de Calor  
TF – Total na fábrica  
U - Utilizada  
V – Vapor

## Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>21</b>
<b>2</b>	<b>CAFÉ</b>	<b>24</b>
2.1	O FRUTO	24
2.2	CLASSIFICAÇÃO QUANTO A BEBIDA	25
2.3	MODALIDADES	26
2.4	MERCADO DO CAFÉ	27
2.5	O CAFÉ SOLÚVEL	28
2.6	PROCESSO DE PRODUÇÃO GENERALIZADO DO CAFÉ SOLÚVEL	31
<b>3</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DO PROJETO</b>	<b>34</b>
3.1	RESUMO DO PROJETO	34
3.2	O PRODUTO	34
3.3	MISSÃO DA EMPRESA	35
3.4	VISÃO DA EMPRESA	35
3.5	ESTRUTURA ORGANIZACIONAL	36
3.5.1	Organograma organizacional	36
<b>3.6</b>	<b>LOCALIZAÇÃO</b>	<b>36</b>
3.5.1	Espírito Santo	36
3.5.1	Linhares/ES	38
3.7	DEFINIÇÕES DO NEGÓCIO	41
<b>4</b>	<b>PROCESSO DE PRODUÇÃO DA ACOFFEE</b>	<b>43</b>
4.1	SELEÇÃO, LIMPEZA E MISTURA	43
4.2	TORREFAÇÃO	43
4.3	GRANULAÇÃO	45
4.4	EXTRAÇÃO	46
4.5	RESFRIAMENTO E CENTRIFUGAÇÃO	47
4.6	CONCENTRAÇÃO	48
4.7	SECAGEM	48
4.8	ENVASE DO EXTRATO E DO CAFÉ SOLÚVEL	50
<b>5</b>	<b>BALANÇO DE MASSA E ENERGIA DA PRODUÇÃO DE CAFÉ SOLÚVEL</b>	<b>52</b>
5.1	Pré-Processo	53
5.1.1	Seleção e Limpeza	53
5.1.1.1	Café arábica	55
5.1.1.2	Café conilon	56
5.2	Processo	57
5.2.1	Torrefação	57

5.2.1.1	Secagem e torra.....	58
5.2.1.1.1	Grãos arábica.....	60
5.2.1.1.2	Grãos conilon.....	62
5.2.1.2	Resfriamento.....	64
5.2.1.1.1	Resfriamento dos grãos arábica.....	65
5.2.1.1.2	Resfriamento dos grãos conilon.....	65
5.2.2	Moagem.....	66
5.2.3	Extração.....	69
5.2.3.1	Extrator 1.....	71
5.2.3.1.1	Balanço de Massa.....	71
5.2.3.1.2	Balanço de Energia.....	72
5.2.3.2	Extrator 2.....	72
5.2.3.2.1	Balanço de Massa.....	72
5.2.3.2.2	Balanço de Energia.....	73
5.2.3.3	Extrator 3.....	73
5.2.3.3.1	Balanço de Massa.....	73
5.2.3.3.2	Balanço de Energia.....	74
5.2.3.4	Extrator 4.....	74
5.2.3.4.1	Balanço de Massa.....	74
5.2.3.4.2	Balanço de Energia.....	75
5.2.3.5	Extrator 5.....	76
5.2.3.5.1	Balanço de Massa.....	76
5.2.3.5.2	Balanço de Energia.....	76
5.2.4	Centrifugação.....	77
5.2.5	Concentração.....	78
5.2.5.1	Cristalização.....	80
5.2.5.2	Coluna de Lavagem.....	82
5.2.6	Liofilização.....	83
5.2.5.1	Etapa de congelamento.....	85
5.2.5.2	Etapa de secagem.....	86
5.2.5.2	Condensador.....	88
<b>6</b>	<b>INTEGRAÇÃO ENERGÉTICA.....</b>	<b>90</b>
<b>7</b>	<b>TRATAMENTO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS.....</b>	<b>94</b>
<b>7.1</b>	<b>Efluentes Gasosos.....</b>	<b>94</b>
<b>7.1</b>	<b>Efluentes Líquidos.....</b>	<b>95</b>
7.2.1	Tratamento Biológico.....	97
7.2.1.1	Tratamento primário.....	97

7.2.1.2 Tratamento secundário.....	98
7.2.1.3 Tratamento terciário .....	99
7.2.2 Dimensionamento .....	99
<b>7.3 Resíduos Sólidos.....</b>	<b>100</b>
7.3.1 Borra.....	101
<b>8 CALDEIRA .....</b>	<b>103</b>
<b>9 DIMENSIONAMENTO .....</b>	<b>107</b>
<b>9.1 Equipamentos.....</b>	<b>107</b>
9.1.1 Café cru .....	107
9.1.2 Torrador .....	107
9.1.3 Grãos torrados.....	108
9.1.4 Extrator e centrífuga .....	109
9.1.5 Concentrador.....	110
9.1.6 Liofilizador .....	111
9.1.7 Envase.....	112
<b>9.2 Equipamentos utilizados para obtenção das utilidades .....</b>	<b>113</b>
<b>10 LAYOUT E PLANTA BAIXA .....</b>	<b>116</b>
<b>11 FINANCEIRO .....</b>	<b>123</b>
<b>11.1 Descrição e custo dos cargos .....</b>	<b>124</b>
<b>11.2 Avaliação de custos .....</b>	<b>127</b>
11.2.1 Custos fixos .....	127
11.2.2 Custo variáveis .....	128
<b>11.3 Capital de Giro .....</b>	<b>129</b>
<b>11.4 Investimentos iniciais .....</b>	<b>131</b>
<b>11.5 Financiamento .....</b>	<b>133</b>
<b>11.6 DRE e Fluxo de Caixa.....</b>	<b>134</b>
11.6.1 Receita Bruta .....	134
11.6.2 Impostos .....	135
11.6.3 Depreciação.....	135
11.6.4 Fluxo de Caixa .....	136
<b>11.7 Viabilidade financeira.....</b>	<b>139</b>
11.7.1 VPL.....	139
11.7.2 <i>Payback</i> .....	140
11.7.3 TIR.....	142
11.7.4 Ponto de Equilíbrio.....	142
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>144</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>166</b>



## 1 INTRODUÇÃO

A origem do café se confunde com lendas e não se conhecem documentos que registrem com clareza sua descoberta e aproveitamento. Tem-se registros do café como bebida primeiramente na Etiópia (atualmente país pertencente a África) no ano de 500 a.C. (FARIA; MANOLESCU, 2004 e MARTINS, 2008).

A África foi seu território de origem, mas coube aos árabes o domínio inicial da técnica de plantio e preparação do produto, quando o café da Etiópia, atravessando o Mar Vermelho, foi levado para a vizinha Península Arábica (MARTINS, 2008).

Saindo da Arábia, o café foi levado diretamente para o Egito, ainda no século XVI, e um pouco mais tarde, chegou à Turquia e à Itália (CARVALHO, 2017). Neste mesmo século, na Pérsia, os primeiros grãos de café passaram a ser torrados e então, transformados na bebida homônima. Os holandeses foram os primeiros a acabar com o monopólio do café pelos árabes, embora alemães, italianos e franceses tivessem tentado cultivar a planta, sem sucesso. Foram nas estufas do jardim botânico de Amsterdã que as primeiras mudas conseguiram ser cultivadas e, logo, o café passou a fazer parte do consumo europeu, sendo levado por eles também para a América do Norte (SANTOS, 2011a).

Com as experiências holandesa e francesa, o cultivo de café foi levado para outras colônias europeias. O crescente mercado consumidor europeu propiciou a expansão do plantio de café em países africanos e a sua chegada ao Novo Mundo. Pelas mãos dos colonizadores europeus, o café chegou ao Suriname, São Domingos, Cuba, Porto Rico e Guianas. Foi por meio das Guianas que chegou ao norte do Brasil (NEVES, 1974).

Em 1727, a primeira muda de café foi trazida para o Brasil pelo oficial português Francisco de Mello Palheta, que veio da Guiana Francesa trazendo consigo mudas da Rubiácea que foram presenteadas pela Madame d'Orvilliers, esposa do governador de Caiena (capital da Guiana Francesa) e de início essas sementes foram plantadas no Pará. Posteriormente, no Maranhão, o grão obteve êxito em sua aclimação, permitindo assim seu despacho para Portugal. A partir disso, foi dado início a era "ouro verde" no Brasil (Revista Cafeicultura, 2006; MACHADO, 2006).

Por muitos anos, o café foi produzido em pequena escala e somente para consumo interno. Porém, no fim do século XVIII, com a produção do Haiti (maior exportador mundial dessa época) desorganizada, o Brasil, embora em pequena escala, começou a exportar o grão regularmente, fazendo com que houvesse um pequeno crescimento na produção do mesmo. Durante boa parte século XVIII, o cultivo do café limitou-se ao Norte e Nordeste do país; contudo, com o aumento do consumo da bebida na Europa e nos Estados Unidos, a produção de café obteve um crescimento ainda maior, levando à sua expansão para o Rio de Janeiro em 1781 com auxílio de João Alberto de Castello Branco (MARTINS, 2008).

Um novo ciclo econômico se iniciava no Brasil. Pelo vale do rio Paraíba, o café chegou em São Paulo no início do século XIX. Ligeiramente, o grão se espalha atingindo o centro-oeste paulista, de maneira que o mesmo tornou-se o principal produto comercial brasileiro, representando cerca de 3/4 dos valores das exportações (CARVALHO, 2007).

O auge do ciclo do café perdurou até a quebra da Bolsa de Nova York em 1929, que obrigou o governo federal a queimar mais de 71 mil sacas de café, quantia que na época era suficiente para garantir o consumo mundial durante três anos. O episódio levou a uma repaginação do mapa da cafeicultura brasileira, que hoje está presente em 15 estados. Aos poucos, o Brasil foi retomando a produção e exportação e, atualmente, é o maior exportador de café do mundo (CECAFE, 2017a).

O café é consumido principalmente na forma tradicional, como pó torrado e moído. No ano de 2017, a aquisição mundial de café ultrapassou 9 milhões de toneladas, com crescimento de 2,5% nos últimos anos (CECAFE, 2017b). Entretanto, o café solúvel vem ganhando importância no mercado, tanto pela praticidade como pela qualidade superior (VIGNOLI; BASSOLI; BENASSI, 2012; CARVALHO, 2014).

Desse modo, devido a disponibilidade de matéria-prima propiciada pelas extensas áreas com solos e clima favoráveis ao cultivo da cultura de café no Brasil e a possibilidade de crescimento do mercado mundial de café solúvel, este trabalho visa apresentar uma proposta de projeto de uma planta industrial para a produção de café solúvel, em que são expostas uma visão histórica, de mercado, operacional, que inclui balanço de massa e energia, bem como

integração energética e dimensionamento de equipamentos, e uma análise financeira, a fim de colaborar para uma possível evolução econômica do campo no país (Adaptado XIMENES; VIDAL, 2017).

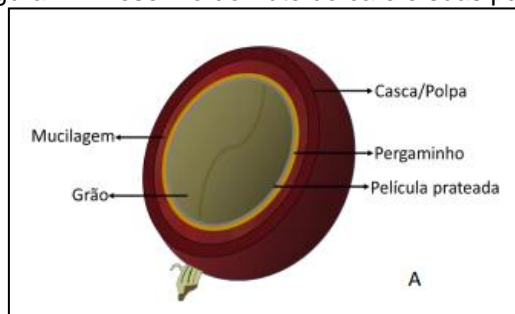


## 2 CAFÉ

### 2.1 O fruto

A origem da palavra café vem do Turco *kahweh*, vindo do Árabe *kahwah*, que provavelmente possui relação com *Kaffa*, região da Etiópia. O fruto é formado pelo exocarpo, mesocarpo, endocarpo e endosperma, ou, em outras palavras, pele/casca, polpa/mucilagem, pergaminho e grão (Figura 1) (DURÁN *et al.*, 2017).

Figura 1 – Desenho do fruto do café e suas partes



Fonte: DURÁN *et al.* (2017).

O fruto pertence à família *Rubiaceae*, do gênero *Coffea*, possuindo mais de 90 espécies. Apesar de toda essa variedade, somente 25 (aproximadamente) são exploradas comercialmente, sendo que apenas quatro dessas espécies possuem importância no mercado mundial. São elas: *Coffea arabica* (café arábica), *Coffea canéfora* (café robusta, conhecido também como conilon), já em menor volume, *Coffea liberica* (café libérica) e *Coffea dewevrei* (café excelsa) (SOUZA *et al.*, 2004).

A composição química do café é complexa, principalmente após passar pelo processo de torrefação, uma vez que os compostos originais do grão são degradados gerando novos compostos com a presença de substâncias nutritivas, bioativas, além de caracterizar o sabor e o aroma do mesmo (ABIC, 2018). De acordo com Scholz *et al.* (2011), a composição química do café depende da genética e das condições ambientais.

Além dos principais constituintes químicos do café como compostos nitrogenados, carboidratos e lipídios, o mesmo possui ainda, aproximadamente,

de 1% a 2,5% de cafeína, 7 a 10% de ácidos clorogênicos, além da niacina, uma vitamina do complexo B (SOUZA *et al.*, 2004; ABIC, 2018).

## 2.2 Classificação quanto a bebida

De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) a Instrução Normativa Nº16, de 24 de maio de 2010 (BRASIL, 2010), normatizou a qualidade, enquanto bebida, para o café. Esse tipo de classificação leva em conta os cafés que estão isentos de grãos deteriorados. A mesma pode ser dividida em bebida estritamente mole ou mole; dura, quando o café apresenta sabor acre, adstringente e áspero, porém não apresenta paladares desagradáveis ou rio, quando o café possui qualidade inferior (LAZZARINI; MORAES, 1958).

De acordo com Brasil (2010) no Art. 2º da Normativa nº16 de 2010 do MAPA, pode-se considerar que:

“

1. Bebida Estrictamente Mole: aquela que apresenta, em conjunto, todos os requisitos de aroma e sabor “mole” mais acentuado;
2. Bebida Mole: aquela que apresenta aroma e sabor agradável, brando e adocicado;
3. Bebida Apenas Mole: aquela que apresenta sabor levemente doce e suave, mas sem adstringência ou aspereza de paladar;
4. Bebida Dura: aquela que apresenta sabor acre, adstringente e áspero, porém não apresenta paladares estranhos;
5. Bebida Riado: aquela que apresenta leve sabor típico de iodofórmio;
6. Bebida Rio: aquela que apresenta sabor típico e acentuado de iodofórmio; e
7. Bebida Rio Zona: aquela que apresenta aroma e sabor muito acentuado, assemelhado ao iodofórmio ou ao ácido fênico.”

### 2.3 Modalidades

O café é o segundo produto alimentício mais comercializado no mundo, consumido nas mais diversas regiões e de formas diferentes, seja como grão, pó ou solúvel, de acordo com a cultura de cada povo (TAKE COFFEE, 2018).

O café solúvel foi desenvolvido pelo químico japonês Satori Kato no ano de 1901 em Chicago, EUA, e seu processo de produção em larga escala foi implementado em 1906 pelo químico inglês George Constant Washington. No ano de 1930 uma empresa suíça lançou o café solúvel liofilizado, que fez parte de um plano do governo brasileiro para resolver o excesso de oferta de matéria-prima no mercado. Mas, somente após a Segunda Guerra Mundial esse produto se popularizou no mercado (REVISTA CAFEICULTURA, 2006)

O café instantâneo tem diversas vantagens em relação ao café em pó, entre as quais sua facilidade e conveniência. Como qualquer outro tipo de café, é fabricado a partir do café em grão. Numa primeira etapa, prepara-se um concentrado de café do qual a água é removida por aquecimento, atomização ou liofilização, para produzir pó ou grânulos solúveis. (ICO, [20--]). O café coado ou filtrado, no entanto, passa pelas etapas de torrefação e moagem, mas não é submetido à imersão em água e à secagem, como o café instantâneo.

O café solúvel, de acordo com o método de desidratação, pode ser classificado em granulado ou aglomerado, pó ou atomizado (*spray dried*) e liofilizado (*freeze dried*) (MARCUCCI *et al.*, 2013)

Conforme a Portaria nº 130 de 19 de fevereiro de 1999 (BRASIL,1999), o Café Solúvel em Pó ou "*Spray Dried*": é o produto obtido por meio do processo no qual o extrato de café, no estado líquido, é pulverizado em atmosfera aquecida, para a partir da evaporação da água, formar partículas secas. O Granulado ou "Aglomerado": é obtido por processamento, em que as partículas de Café Solúvel "*Spray Dried*" são fundidas para formar partículas maiores (grânulos). Já o Café Solúvel Liofilizado ou "*Freeze-Dried*", é obtido por meio do congelamento do café no estado líquido seguido da remoção da água por sublimação, formando partículas secas de formas irregulares.

Entre os tipos de café solúvel acima citados, o liofilizado apresenta qualidade superior aos demais, uma vez que seu processo de obtenção preserva

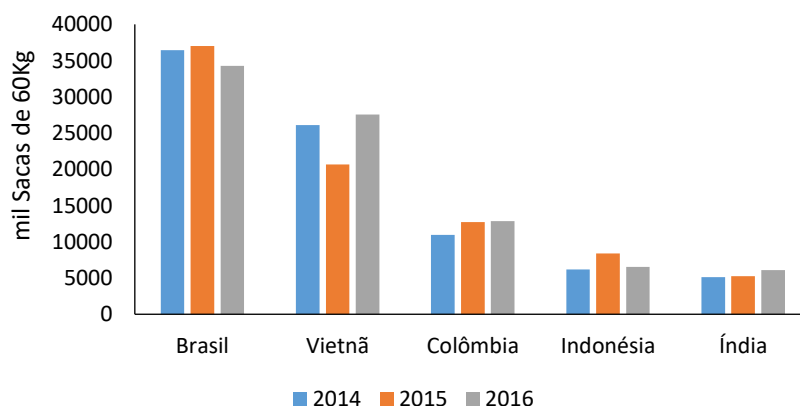
todas as características sensoriais originais e permite rápida e praticamente completa reidratação do produto final (OSAKO, 2012).

## 2.4 Mercado do café

O café é uma cultura perene, adaptada à zona tropical e subtropical, sendo cultivado em países em desenvolvimento da África, Ásia e América Latina. Com exceção do Brasil, a bebida é consumida basicamente em países desenvolvidos, onde não existem condições climáticas para seu cultivo, mas há elevado nível de renda *per capita*. Como resultado geral, o canal básico de comércio desta *commodity* no mundo se dá entre os países produtores de café com níveis de renda baixo ou médio e os países desenvolvidos, com moderna tecnologia de processamento e altos níveis de renda *per capita* (NISHIJIMA; SAES, 2009).

A exportação mundial de café conta com a participação de diversos países, sendo que o Brasil está em primeiro lugar, seguido do Vietnã, Colômbia, Indonésia e Índia (Figura 2). A International Coffee Organization - ICO (2017) relata que a participação do Brasil no comércio de exportação em 2015 foi de 32,34%, já em 2016, de 28,64%.

Figura 2 – Estatísticas do comércio de café para os cinco maiores exportadores mundiais



Fonte: Adaptado ICO (2017).

Ao analisar a Figura 2, nota-se que o Brasil apresentou uma queda em relação à exportação do café no ano de 2016, se comparado a 2015. Isso se deu uma vez que, durante 2016, o país passou por condições climáticas

desfavoráveis no sudeste do país e, como consequência, houve o decréscimo nas exportações (CECAFE, 2017a). Apesar desse fato, o Brasil manteve sua liderança como maior exportador do grão neste ano, fato que se repetiu em 2017 no qual as exportações brasileiras de café foram realizadas para 113 países, totalizando US\$ 2,89 bilhões, ocasionando um aumento de 7,2% no faturamento, se comparado ao mesmo período de 2016 (FERREIRA; AIACHE, 2017).

De acordo com a ABIC (2017), em 2018, a exportação de café do Brasil será limitada, devido à concorrência internacional dos países exportadores do grão e ao crescimento do consumo interno. Entretanto, a Revista Cafeicultura (2018) prevê para o ano de 2018 um aumento de 18,6% na produção de café arábica e de 3,8% para o tipo robusta. Nesse sentido, pode-se verificar a disponibilidade de matéria-prima para outros fins e, portanto, o país é promissor para implantação de novas indústrias desse ramo.

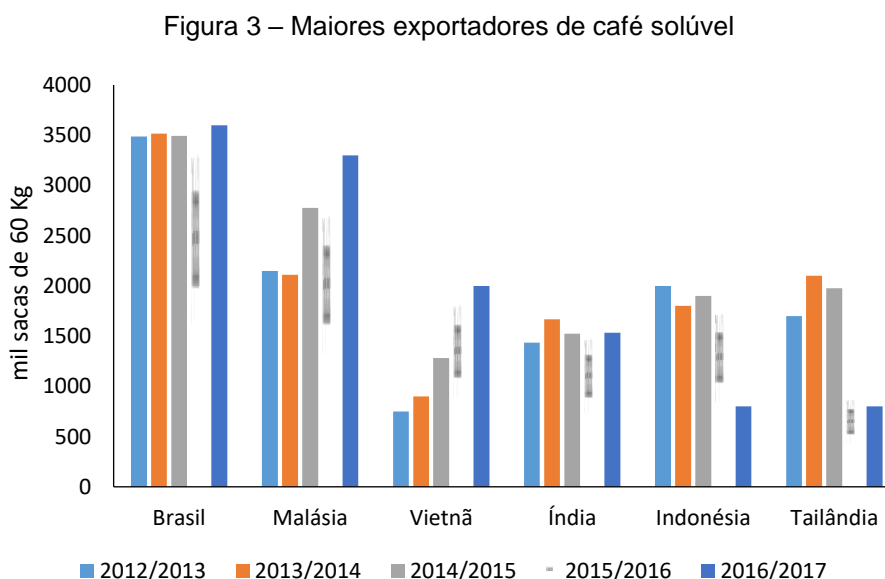
## **2.5 O café solúvel**

A indústria de café solúvel brasileira foi implantada nos anos 1960, inicialmente com algumas isenções de impostos de importação sobre máquinas e equipamentos, com o objetivo de reduzir os altos custos dos estoques de café verde que não alcançavam a classificação do Instituto Brasileiro do Café (IBC) para atender à demanda externa. Os chamados *grinders* eram grãos quebrados ou pequenos e compunham sete milhões de sacas, o que correspondia a mais de 25% da produção anual do país àquela data. Além de reduzir os custos de manutenção dos estoques de produtos que não podiam ser comercializados em sua forma original, a industrialização desses cafés gerou oportunidades para a conquista de novos mercados externos (SAES, 1995).

Análises e prospecções mais recentes da cafeicultura em nível mundial, realizadas pelo Bureau de Inteligência Competitiva do Café (2017) apontam, entre outros destaques, o crescimento do consumo de café solúvel na Ásia e Oriente Médio no último ano. De acordo com o Bureau, o mercado de solúvel é, atualmente, avaliado em US\$ 28 bilhões, com previsão de crescimento em torno de US\$ 8,3 bilhões até 2020 (EMBRAPA, 2017).

No Brasil, na Europa e nos EUA, as principais tendências para as torrefadoras são os cafés especiais e as cápsulas. As empresas investem em grãos de qualidade, tecnologia e novos produtos para conquistar o consumidor. Na Europa Oriental, na maior parte da Ásia e na África, a principal tendência é outra: o café solúvel. Por isso, grandes empresas investem na aquisição ou construção de fábricas de solúvel com o objetivo de aumentar a produção e conquistar espaço em um mercado que está em pleno crescimento (BICC, 2017).

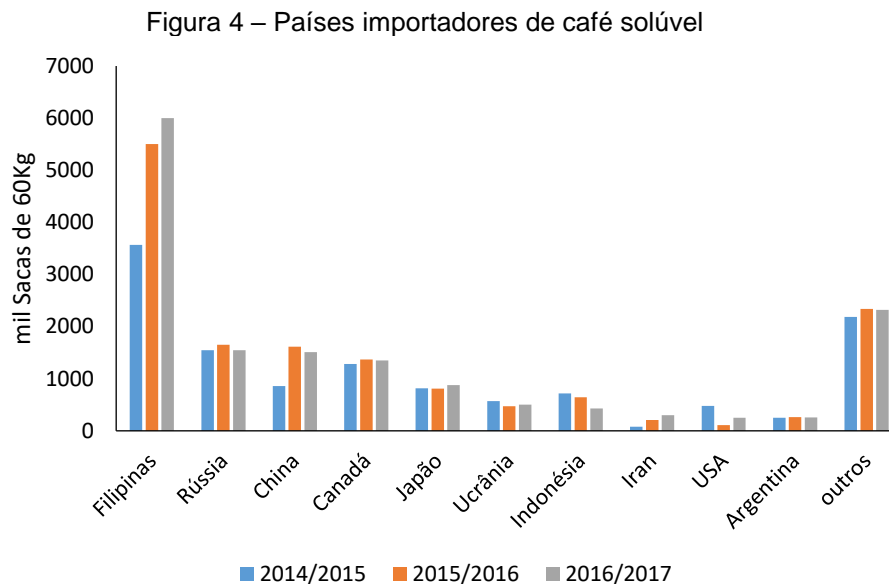
Segundo a Associação Brasileira da Indústria de Café Solúvel - ABICS (2018), o Brasil, desde a implantação do parque industrial de café solúvel, tem se mantido na liderança mundial de produção e exportação do setor. Nos últimos anos, passou a enfrentar a intensa concorrência de indústrias da Ásia, coincidente com o grande aumento da produção de café robusta no continente, devido ao crescimento do consumo interno dos países da região, que estimulou o processo de montagem de novas plantas de café solúvel. A Figura 3 apresenta o perfil de exportações de café solúvel nos últimos anos.



Fonte: Adaptado USDA (2017).

De acordo com a Euromonitor International (2014), as vendas de café instantâneo quase triplicaram desde 2000. O consumo mundial de café solúvel foi de quase US\$ 31 bilhões em 2014 e deve alcançar mais de US\$ 35 bilhões até 2018. O crescimento recente no consumo de café solúvel pode ser atribuído a um aumento da demanda na Europa Oriental e no Leste e Sudeste Asiático -

ambas regiões onde o café solúvel goza de uma elevada quota de mercado (ITC, 2011). A região da Ásia-Pacífico é hoje o maior mercado em valor global de café instantâneo. A Figura 4 apresenta os maiores importadores desse produto.



Fonte: Adaptado de USDA (2017).

O café liofilizado está ganhando reconhecimento no mercado em todos os países consumidores em detrimento de outros tipos de café solúvel. De acordo com *International Trade Centre* - ITC (2011), o café liofilizado alcançou cerca 40% do mercado de café solúvel no Japão, nos Estados Unidos e no Reino Unido, pouco mais de 30% na Espanha e 25% na Austrália. Em 2011, as exportações dessa variedade chegaram perto de 95.000 toneladas por ano, representando 23% do comércio mundial de café solúvel (TECHNAVIO, 2015).

Os produtos de café enlatados também tem encontrado bom mercado em muitos países emergentes da Ásia, particularmente na China. Os RTD, *Ready to Drink*, que significa pronto para beber, são adequados para bebidas de café gelado e, como tal, começam a fazer incursões nos mercados da América do Norte e da Europa Ocidental (ITC, 2011). Segundo Bolton (2015), além da demanda por cafés liofilizados, o Japão é importador de extratos de alta qualidade. Desse modo, o extrato de café tem ganhado espaço no mercado, como matéria-prima para a produção de tais produtos.

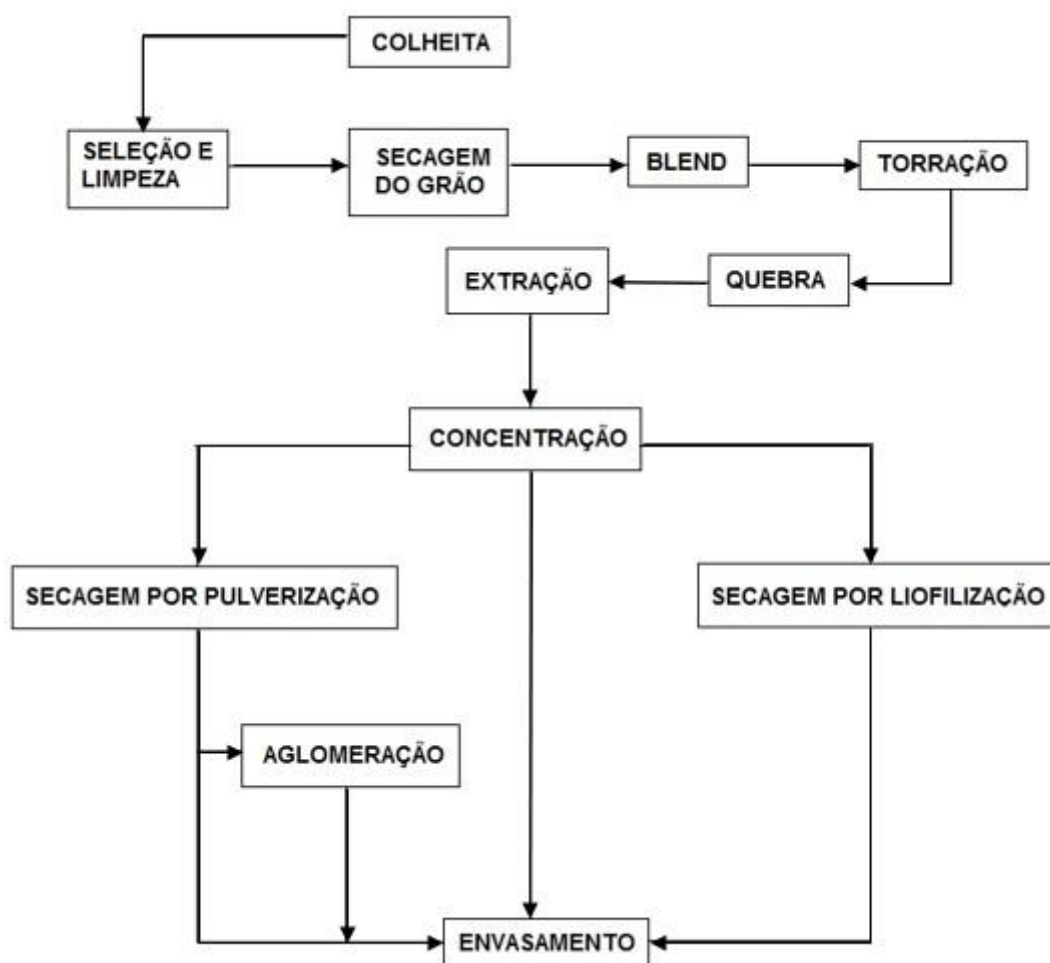
Portanto, como visto o café solúvel é uma tendência no ramo de cafés, tendo um crescimento progressivo no mercado. O Brasil por sua vez, por ser o

maior produtor do mesmo, possui matéria-prima disponível, trazendo mais praticidade para indústrias nativas.

## 2.6 Processo de produção generalizado do café solúvel

O processo de fabricação de café solúvel inclui várias etapas de processamento. Essas etapas podem ser resumidas em um diagrama de blocos conforme apresentado na Figura 5.

Figura 5 – Diagrama de blocos das etapas de produção do café solúvel



FONTE: Adaptado ESTEVES (2006).

O processo de produção do café solúvel se inicia com a seleção e a limpeza dos grãos de café. A indústria compra a sua matéria prima levando em consideração o número de defeitos e o padrão de bebida (RELVAS; PINTO; MONTEIRO,1997).



O café solúvel é produzido a partir da extração de sólidos solúveis e voláteis usando como solvente a água (ESTEVES, 2006). O ponto de partida do processo de produção se dá com um “blend” de matéria-prima devidamente padronizada, seguido pela etapa de torração. Normalmente a torra é conduzida em equipamentos operando em batelada, em que os gases da fornalha entram em contato com o café cru, promovendo inicialmente um processo de secagem, no qual os aromas e a coloração do café são desenvolvidos. Quando os grãos torrados atingem uma temperatura de aproximadamente 230°C (dependendo do grau de torra desejado), a torra é interrompida com o corte do fluxo do ar quente e o café é sequencialmente descarregado e resfriado com fluxo de ar a temperatura ambiente (SIVETZ; DESROSIER, 1979). Tal processo é responsável pelo desenvolvimento de aroma e sabor característico do café.

A moagem ou quebra, por sua vez, é necessária para que os sólidos solúveis e as substâncias voláteis responsáveis pelo aroma e sabor sejam disponibilizadas para a extração (ESTEVES, 2006).

Segundo Panesar *et al* (1999), na etapa de extração o café torrado e granulado é carregado dentro de colunas denominadas de percoladores. Nesses equipamentos, o café granulado é compactado em leitos fixos e os extratos obtidos por meio da passagem da água em contracorrente, o que promove o enriquecimento de sólidos solúveis em relação à matéria-prima de 25% a 35% (CABRAL *et al*, 2007).

Na etapa de extração, ocorre a produção de um resíduo denominado borra. A borra, que contém em sua composição de 15% a 20% de lipídeos (produto de grande interesse na indústria alimentícia) e pode ser utilizada como biomassa para gerar vapor em substituição aos combustíveis fósseis (TODA; SCHARLACK; RODRIGUES, 2015).

O teor de sólidos solúveis do extrato de café é relativamente baixo. Desse modo, por razões econômicas, é necessário concentrar o extrato obtido antes do processo de liofilização ou secagem por pulverização. O extrato produzido é concentrado até atingir aproximadamente 43% de sólidos solúveis (ESTEVES, 2006).

Na etapa de concentração, o extrato de café passa por processos de evaporação, concentração por termo-centrífugo ou por crio-concentrador, onde parte da água é retirada. A concentração por congelamento, apesar de possuir

elevado custo, elimina a perda de aroma devido a degradação térmica, o que possibilita a produção de cafés de qualidade superior e minimiza os gastos em tratamento de efluentes, uma vez que os cristais formados durante o processo são compostos por água pura (GEA, [20-?]a).

O extrato de café concentrado pode ser vendido para indústrias que fabricam doces, cafés gelados e cafés líquidos, ou utilizado no processo de fabricação de café solúvel. Para obtenção desse último, o extrato passa por um processo denominado secagem.

A secagem pode ser realizada por dois processos principais: pelo sistema *freeze drying* ou por *spray drying*. Na secagem por *freeze drying*, o extrato concentrado é congelado a uma temperatura de  $-50^{\circ}\text{C}$ , triturado em moinhos especiais e em seguida conduzido a uma câmara de vácuo, onde ocorre a sublimação da água até a temperatura crítica de fusão (GONZALEZ, 2010). O produto final é o café liofilizado, que produz bebida de melhor qualidade pela preservação das características aromáticas.

Em contrapartida, o *spray drying* é um processo que consiste na atomização da mistura dentro de um sistema através do qual passa uma corrente de gás quente, obtendo-se uma grande área superficial de troca de calor e consequente taxa de evaporação elevada, resultando em um pó como produto final (OLIVEIRA FILHO, 2007). Após a obtenção do café solúvel em pó, ocorre a etapa de aglomeração que consiste na adição de vapor de água ao café previamente seco, resultando no café solúvel granular (NEVES, 2009).

A Figura 6 apresenta o produto obtido após cada processo de secagem.



Fonte: BARALDI (2013).

No envasamento, o café pode ser embalado em vidros, latas, sachês, a granel em caixas de papelão ou em sacos (NEVES, 2009).

### 3 CARACTERIZAÇÃO DO PROJETO

#### 3.4 Resumo do projeto

Buscando-se a produção de café solúvel de qualidade com preços acessíveis e o desenvolvimento da cafeicultura no Brasil, surge a empresa *Acoffee*. A empresa irá trabalhar com *blends* de café, sendo esses realizados com o uso de café arábica e conilon. Baseada nessa ideia, surgiu-se, então, o nome da indústria, que faz menção aos tipos de café selecionados para a fabricação do café solúvel, sendo que “A” é proveniente do tipo arábica, enquanto o “c” do conilon, surgindo assim a *Acoffee*.

A *Acoffee* é voltada para o mercado externo, tendo em vista a produção de extrato e café solúvel com alto padrão de qualidade para satisfazer a crescente requisição de tais produtos, devido ao aumento da demanda de cafés especiais principalmente nas regiões europeias e asiáticas.

A empresa *Acoffee* baseia-se nos seguintes valores:

- ✓ Ética;
- ✓ Respeito;
- ✓ Eficiência;
- ✓ Qualidade;
- ✓ Transparência;
- ✓ Responsabilidade social e ambiental;
- ✓ Compromisso com o desenvolvimento sustentável.

#### 3.2 O produto

O consumo de café solúvel vem crescendo nos últimos anos. A conveniência, a versatilidade e a experiência de marca do café instantâneo o tornam um produto de consumo atraente nos mercados emergentes de café, enquanto que em mercados estabelecidos, o café instantâneo procura lançar sua imagem de *commodity* para sustentar o interesse do consumidor (EUROMONITOR INTERNATIONAL, 2014).

Os cafés solúveis de alta qualidade utilizam em sua composição *blends* com parcela significativa de café arábica. Desse modo, o Brasil, por ser o maior

produtor dessa espécie e segundo maior de conilon, apresenta disponibilidade de matéria-prima para a obtenção dos produtos desejados.

Nos países tradicionalmente consumidores de chá, a demanda por cafés de melhor qualidade é elevada. Diante disso, sendo o produto final destinado ao mercado externo, a concentração a frio e a liofilização como meios de secagem justificam-se como operações na produção de café solúvel e extrato, pois permitem que o sabor e aroma do café sejam preservados.

A liofilização possui diversas vantagens quando comparada a outros processos. Dentre elas estão a estocagem a temperatura ambiente, redução drástica do peso do produto (diminuição dos custos com transporte e embalagem), *shelf-life*, ou seja, o tempo de prateleira de no mínimo um ano (desde que em embalagem adequada), manutenção do sabor, aroma, etc (METTA; AYROSA; PALETTA, 2012).

Dados todos os aspectos acima citados, na empresa *Acoffee* será produzido e comercializado extrato e café solúvel liofilizado.

### **3.3 Missão da empresa**

Produzir extrato e café solúvel de alta qualidade, com responsabilidade ambiental e social, a fim de atender a demanda do mercado externo de cafés especiais e afins, contribuindo para o desenvolvimento do setor no país e propiciando comodidade, praticidade e prazer aos consumidores.

### **3.4 Visão da empresa**

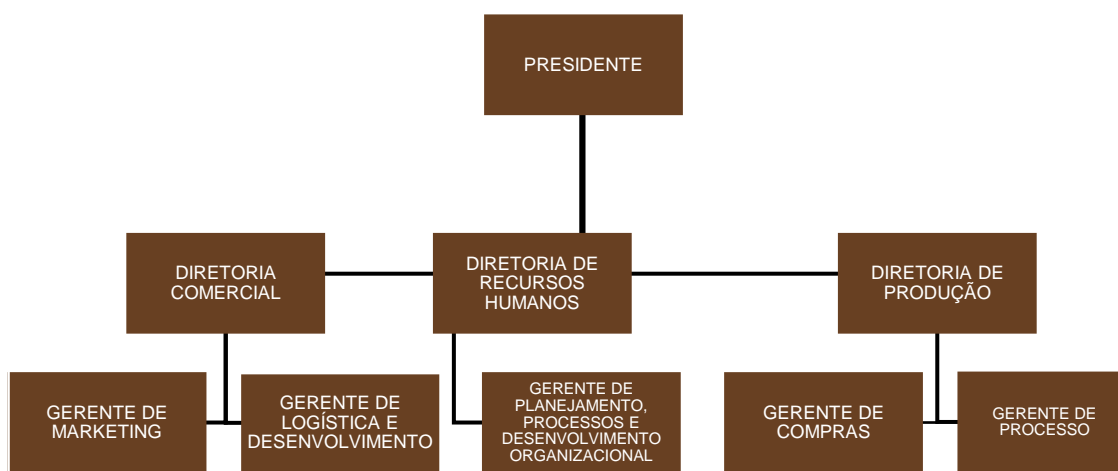
Ser uma empresa reconhecida por sua excelência na obtenção de extrato e café solúvel liofilizado, alcançando a liderança mundial no mercado externo.

### 3.5 Estrutura organizacional

#### 3.5.1 Organograma organizacional

A *Acoffee*, sendo uma empresa de médio porte, prevê a seguinte estrutura hierárquica (Figura 7).

Figura 7 – Organograma da indústria de café solúvel *Acoffee*



Fonte: Autoria própria (2018).

### 3.6 Localização

A empresa *Acoffee* será implementada na cidade de Linhares, situada no estado de Espírito Santo. A seguir, são apresentadas as justificativas para a escolha da localização.

#### 3.6.1 Espírito Santo

A produção nacional de café robusta (conilon), uma das matérias-primas utilizadas na fabricação de café solúvel, concentra-se no estado do Espírito Santo, possuindo uma área plantada em torno de 193.650 hectares e produtividade de aproximadamente 30 sacas por hectare. O estado localiza-se

ao Sudeste do Brasil, apresenta fronteiras com o Oceano Atlântico, Bahia, Minas Gerais e Rio de Janeiro. (IBGE, 2017a; CARVALHO, 2014). A Figura 8 apresenta as principais fronteiras do estado.

Figura 8 – Fronteiras do estado do Espírito Santo



Fonte: Google (2018a).

Segundo o Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper) ([20--?]), o Espírito Santo é o 2º maior produtor brasileiro de café, com expressiva produção das espécies arábica e conilon. É também responsável por 22% da produção brasileira e a atividade cafeeira corresponde a 35% do Produto Interno Bruto (PIB) capixaba, referente ao setor de agronegócio. Além da disponibilidade de matéria-prima local, sua fronteira com Minas Gerais possibilita a obtenção de grãos arábica, caso a demanda seja necessária, visto que o estado é o maior produtor dessa espécie. Nesse sentido, a disponibilidade de matéria-prima próxima reduz custos de logística e possíveis riscos de atraso na entrega de insumos para a linha de produção.

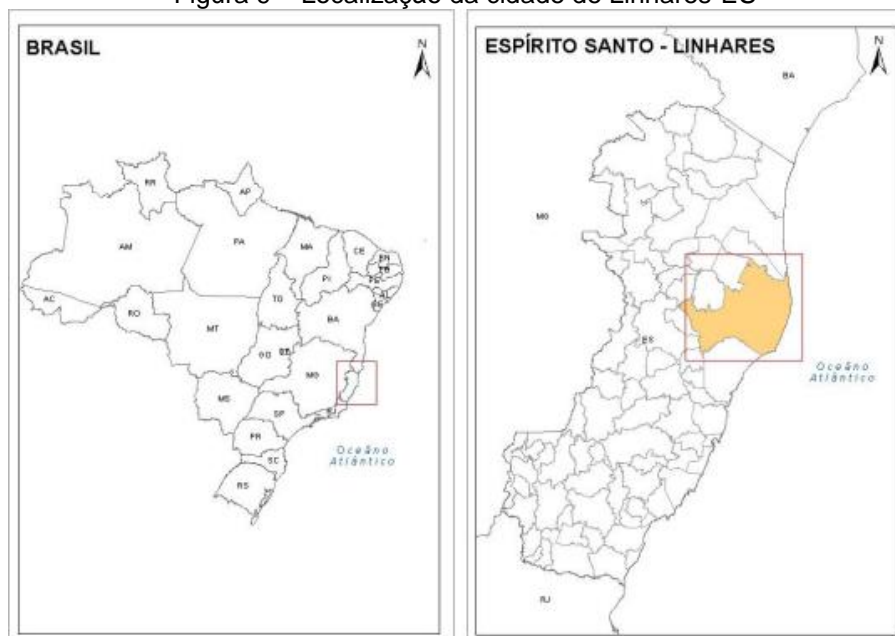
O Espírito Santo conta com diversos fundos e programas de incentivo a investimento no estado. Dentre esses, pode-se citar o Fundo para Desenvolvimento das Atividades Portuárias (FUNDAP) e o Programa de Incentivo ao Investimento (INVEST-ES). De acordo com o Banco de Desenvolvimento do Estado (Bandes) (2016a; 2016b), o FUNDAP é um financiamento para apoio a empresas com sede no Espírito Santo que realizam operações de comércio exterior tributadas com ICMS no Estado, enquanto o

INVEST-ES é um programa que tem por objetivo contribuir para a expansão, modernização e diversificação dos setores produtivos.

### 3.6.2 Linhares/ES

A cidade de Linhares está situada ao norte do Espírito Santo, a 130 km da capital Vitória, em uma região conhecida como "Baixo Rio Doce". Possui uma área de 3.450 km<sup>2</sup>, sendo o maior município em área territorial do estado do Espírito Santo, além de possuir 68 km de litoral (INCAPER, 2011). A Figura 9 apresenta a localização de Linhares em relação ao Brasil e ao Espírito Santo.

Figura 9 – Localização da cidade de Linhares-ES



Fonte: SILVA (2014).

A localização geográfica privilegiada do estado do Espírito Santo permite acesso à região de maior índice de desenvolvimento do país. A Figura 10 apresenta o sistema de transporte do Espírito Santo, bem como a proximidade de Linhares a rodovias federais, ferrovias e portos.

Figura 10 – Rede portuária, ferroviária e aquaviária



Fonte: ANTT (2018).

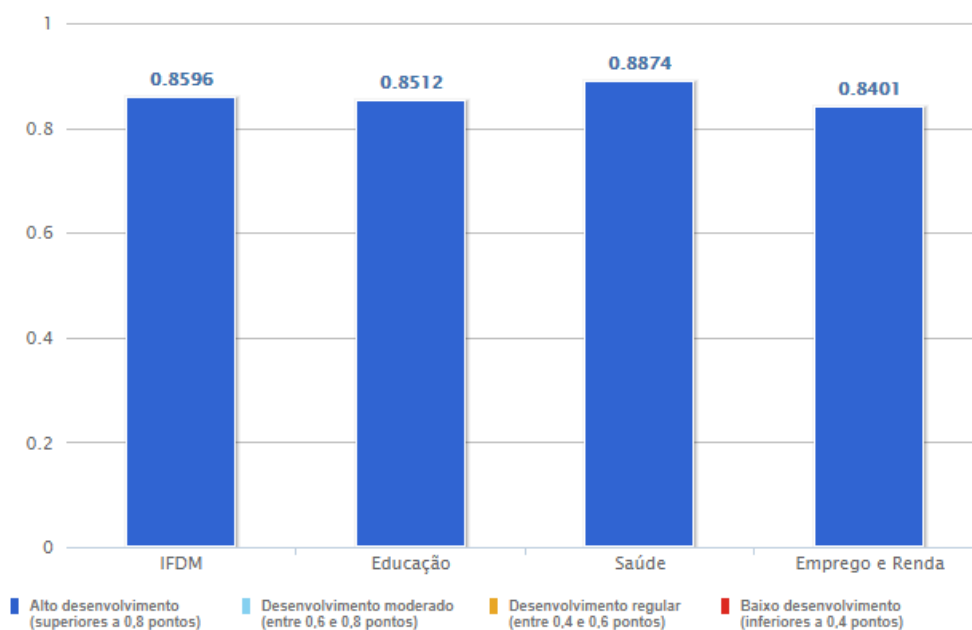
Linhares e os municípios vizinhos são cortados pela BR 101, que abriga algumas das maiores empresas e indústrias brasileiras. A região é um destacado ponto estratégico na atual configuração socioeconômica nacional e internacional, uma vez que além de ser interligada por rodovias que permitem o escoamento de matéria-prima, equipamentos e produtos, é cortada pela estrada de ferro Vitória-Minas (EFVM) que permite acesso ao complexo portuário de Vitória e aos estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro.

Um dos principais modais de transporte é a navegação interoceânica. Linhares está situada a respectivamente, 266 km e 655 km dos portos de Vitória e Rio de Janeiro (Google, 2018b), o que permite a flexibilidade na exportação dos produtos, bem como a importação de equipamentos.

De acordo com FIRJAN (2013), o índice de Desenvolvimento Municipal (IFDM) de Linhares é o que apresenta os maiores indicadores de desenvolvimento do estado. As Figuras 11 e 12 apresentam, respectivamente, o índice de desenvolvimento socioeconômico do município com base nas três áreas fundamentais ao desenvolvimento humano: Educação, Saúde, Emprego e Renda, e a posição de Linhares quanto ao maior e menor IFDM do país.

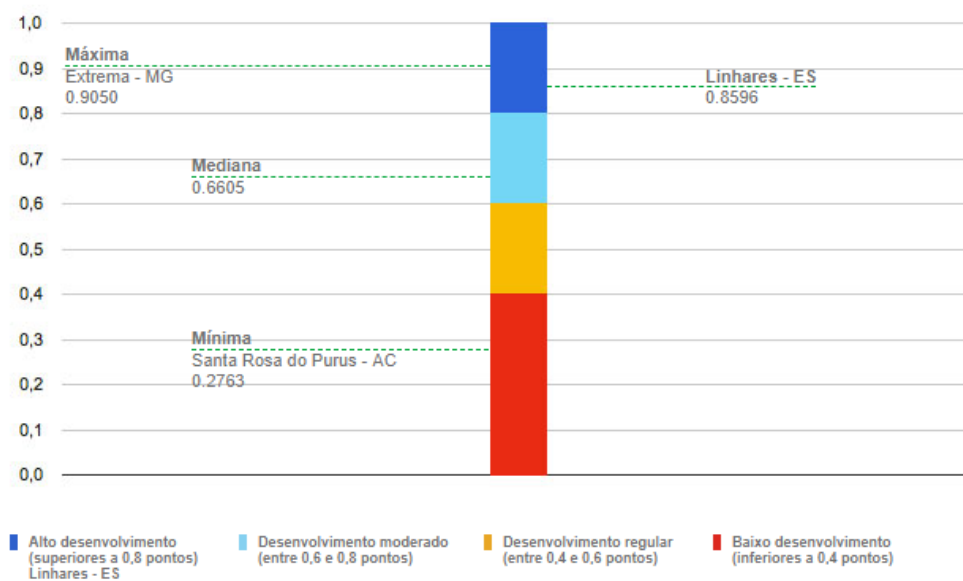


Figura 11 – IFDM e áreas de desenvolvimento de Linhares-ES



Fonte: FIRJAN (2013).

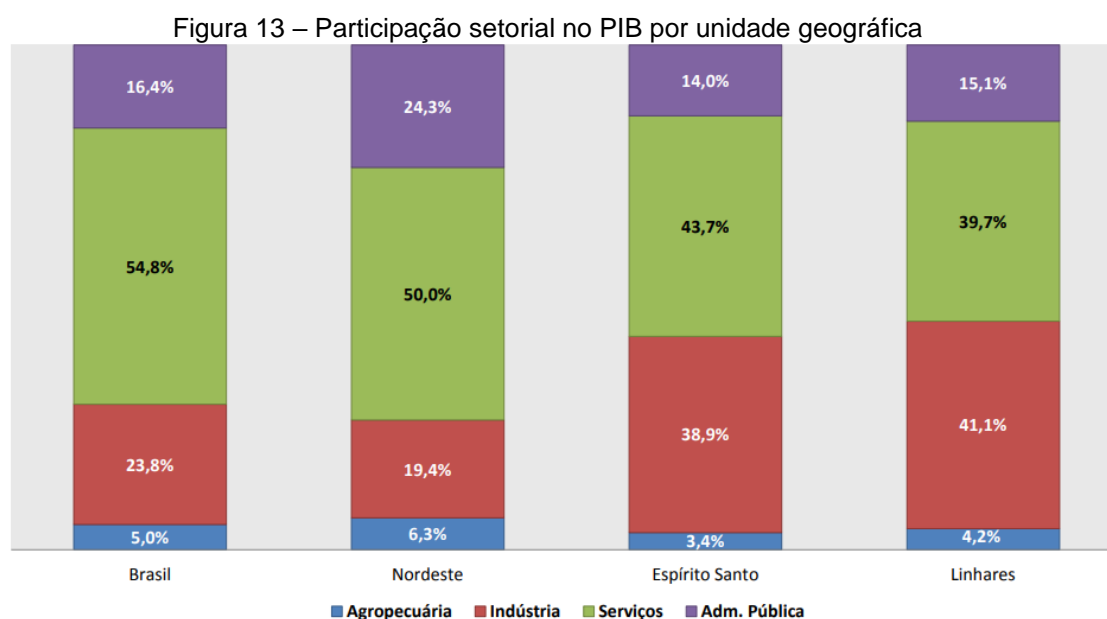
Figura 12 – Situação relativa do município de Linhares-ES



Fonte: FIRJAN (2013).

Segundo os últimos dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017b), Linhares é a segunda cidade mais populosa do interior do estado do Espírito Santo, com 169.048 habitantes. Além disso, apresenta participação considerável do setor secundário no PIB, conforme apresentado

pela Figura 13. Desse modo, pode-se verificar a disponibilidade de mão-de-obra e de indústrias no município.



Fonte: BANCO DO NORDESTE (2016).

Em posse das informações apresentadas, pode-se averiguar que o município de Linhares/ES está localizado em um ponto estratégico que permite a obtenção da matéria-prima proveniente principalmente do estado e de Minas Gerais, e do escoamento do produto final, além de possuir mão-de-obra e incentivos à implantação que proporcionam economia para a indústria.

### 3.7 Definições do negócio

Este negócio visa atender às necessidades internacionais no setor de bebidas e alimentos por meio da fabricação de extrato e café liofilizado com altos padrões de qualidade, a fim de introduzir ainda mais o café solúvel no dia-a-dia dos consumidores como bebida preferencial, além de ampliar a utilização do extrato como matéria-prima para produção de alimentos derivados de café. O Quadro 1 apresenta quais serão os objetivos de negócio da indústria *Acoffee*.

Quadro 1- Definição do negócio

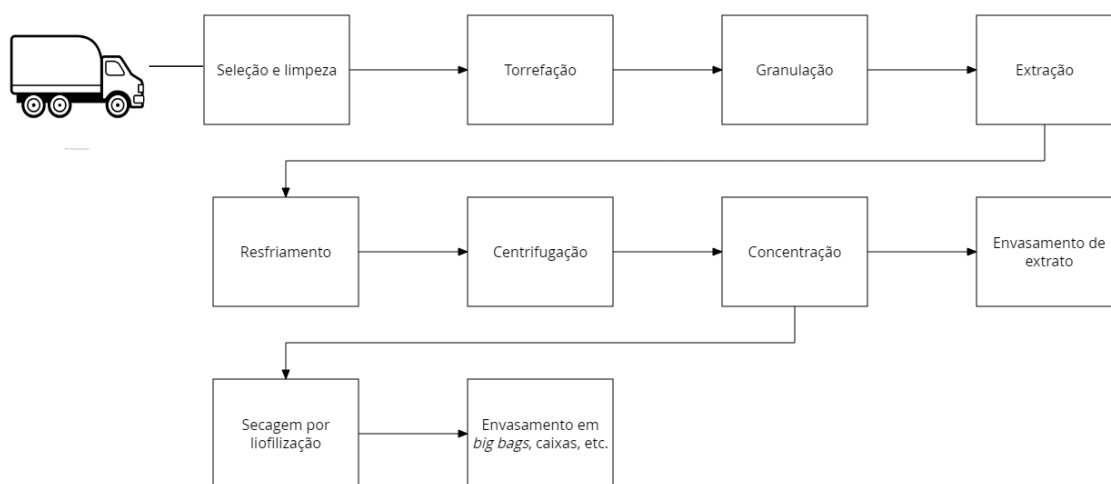
NECESSIDADES	GRUPOS DE CLIENTES	ATENDIMENTO
Ocasões especiais Admiradores de café solúvel no dia-a-dia Matéria-prima para a produção de novos produtos	Indústrias terceirizadas, Supermercados e Cafeterias do exterior	Atacado Café Solúvel disponível a granel em <i>big bags</i> e sacas de 60 Kg; extrato envasado em tambores.

Fonte: Autoria própria (2018).

## 4 PROCESSO DE PRODUÇÃO DA ACOFFEE

O processo de produção de extrato e café solúvel da empresa *Acoffee* pode ser resumido pelo diagrama apresentado Figura 14.

Figura 14 – Diagrama de blocos das etapas de produção do café solúvel da indústria *Acoffee*



Fonte: Autoria Própria (2018).

### 4.1 Seleção e limpeza

Essa etapa é marcada pela higienização e padronização. A princípio tem-se a chegada da matéria prima, cafés arábica e conilon, até a indústria por meio de veículos, como carretas, fazendo-se uso de rodovias para tal transporte. Em seguida, as impurezas são eliminadas, ou seja, são retirados possíveis galhos, folhas e eventuais pedras; seguida da seleção, na qual os grãos serão separados de acordo com a qualidade dos mesmos (MESQUITA *et al*, 2016).

Considerando que os grãos utilizados no processo sejam beneficiados, a *Acoffee* realizará o peneiramento como método de seleção.

### 4.2 Torrefação

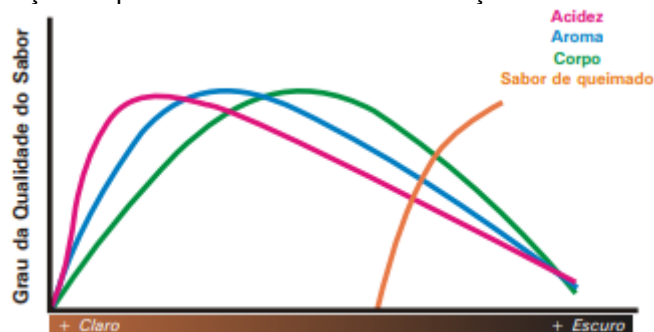
O café beneficiado (grão cru) não possui o aroma e o sabor típicos da bebida do café. Desse modo, a torrefação é essencial para a produção de compostos que conferem as características da bebida (DAL MOLIN *et al.*, 2008).

Os atributos sensoriais são conferidos por compostos voláteis e não voláteis, produzidos durante a etapa de torrefação (CARVALHO *et al*, 1994).

Esse processo pode ser dividido em três estágios: secagem, torrefação e resfriamento. No primeiro, ocorre a liberação de água e compostos voláteis dos grãos e a cor muda de verde para amarelo. No segundo, ocorrem reações químicas exotérmicas de pirólise com liberação de gás carbônico, a cor dos grãos varia de marrom claro a escuro devido à caramelização dos açúcares e o seu final é caracterizado pela duplicação do volume dos grãos. Nesse ponto, os grãos devem ser resfriados para se evitar a carbonização (SIVETZ; DESROSIER, 1979).

O grau de torra afeta diretamente o sabor do café, definindo os vários compostos que são extraídos durante a formação da bebida. Está diretamente associado com a cor do grão torrado, em condições normais de grãos de boa qualidade (ANEXO A). A Figura 15 mostra as curvas que representam a variação dos sabores conforme o grau de torra e como este afeta os componentes e as características (MELO,2004).

Figura 15 – Apresentação esquemática da cinética da evolução do sabor durante a torrefação



Fonte: MELO (2004).

Diferente de outras indústrias alimentícias, o café necessita de temperaturas altas para a torrefação, para que as características desejadas possam ser alcançadas. Uma temperatura mínima de início (190°C) é necessária para que as reações químicas da torrefação possam ser desencadeadas. (FOLMER, 2017). O tempo e o grau de uma torra convencional, de modo geral, podem variar de 12 a 20 minutos e de 200°C a 230°C, respectivamente (LOEBLEIN *et al.*, 2010). A temperatura de torrefação deve ser controlada, uma vez que a utilização de temperaturas muito elevadas ocasiona a queima do grão.

Posteriormente, os grãos já torrados passam pela formação de *blends* (adaptado MORAES, 2006). O uso de *blends* é uma prática comum na indústria, seja de cafés torrados e moídos, seja de cafés solúveis. Isso se dá uma vez que o país possui condições climáticas favoráveis para produção de diversas espécies e variedades de café, ocasionando essa facilidade para formação de *blends* (DIAS, 2005; GONZÁLEZ *et al*, 2001).

Os cafés conilon e arábica são as espécies mais comuns de cafés, sendo que o arábica é o que possui maior qualidade. Quando os *blends* são formados, o café conilon é adicionado ao arábica para que haja redução de custo na indústria, gerando conseqüentemente o aumento dos lucros (EUGÊNIO, 2011).

### 4.3 Granulação

A definição de moagem pode ser dada como o fracionamento de grãos em partículas com diferentes granulometrias. Essa granulometria influencia de modo direto no tempo de extração (BEZZAN; DULGHEROFF, 2016).

A granulação de grãos de café fornece muitas partículas de tamanhos variados, chamada de distribuição de partículas (Particle Size Distribution-PSD). Essa são mais comuns nos tamanhos  $x_{10}$ ,  $x_{50}$  e  $x_{90}$ , que são as características de dimensão ou também chamadas de *mesh*. A granulação é necessária uma vez que a superfície da partícula, junto com seu volume, contém substâncias solúveis importantes, e isso reflete na extração: quanto menor a superfície específica maior será a extração. Cada processo de moagem visa um tamanho médio de partícula adequado para o respectivo método de preparação do café (FOLMER, 2017).

O tamanho médio de partícula é de cerca de 50  $\mu\text{m}$ , pois partículas muito finas colocam a eficiência da extração em risco, uma vez que estas podem bloquear o caminho da água. Também ao que se refere a torração/moagem do café para café solúvel, já com o produto final, na xícara não se deve formar sedimentos, nem mesmo que esses sejam perceptíveis na língua do consumidor (FOLMER, 2017).

#### 4.4 Extração

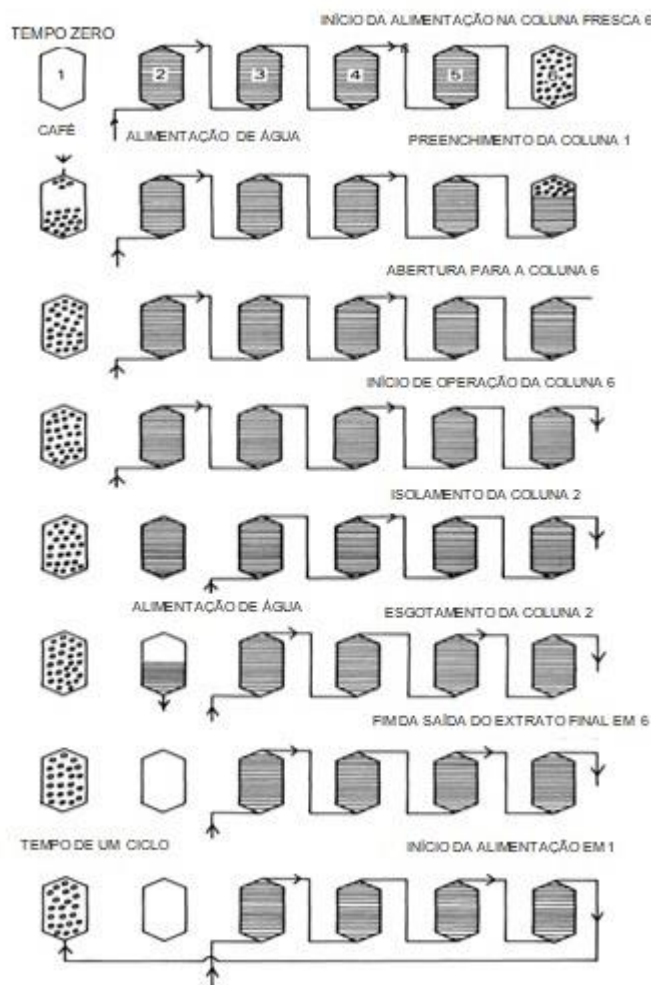
Após a torrefação e a granulação ocorre a extração. Nessa etapa, os sólidos solúveis e os compostos de aroma e sabor voláteis são extraídos. A extração que será realizada na *Acoffee* é do tipo “*diffusion batteries*”, ou colunas de percolação, um sistema comumente utilizado em indústrias de café solúvel.

O café torrado nas colunas pode ser modelado como leito fixo, com a realização de separação interna entre o licor de uma coluna para a outra. A entrada de água quente ocorre em contracorrente e sua alimentação é contínua para a coluna de café mais exaurido. A extração é realizada por meio de colunas frescas intermitentes, ou seja, à medida que cada coluna se esgota, é substituída na bateria por uma coluna "nova"; a coluna descarregada é reabastecida com café fresco e substituída "em fluxo". Esse processo pode ser observado na Figura 16 (CLARKE; MACRAE, 1987).

O número de colunas em uma bateria pode variar de cinco a oito. Na prática industrial, são utilizadas temperaturas de água de até 180°C. O uso de altas temperaturas na água de alimentação permite obter maiores rendimentos e maiores concentrações de extrato (CLARKE; MACRAE, 1987). Porém, para que isso ocorra o sistema deve ser mantido sob pressão, de 8 a 12 kgf.cm<sup>-3</sup>, para que as condições hidráulicas sejam mantidas (MISSÃO SOMMELIER, 2013).

São utilizadas altas temperaturas de água de alimentação (acima de 180°C), quando, pela perda natural de calor da coluna, a temperatura do extrato e dos grãos em cada coluna cai progressivamente até que o café mais fresco, ou seja, a borra, proveniente do 1º percolador a ser carregado por café moído e torrado, tenha uma temperatura próxima de 100°C (CLARKE; MACRAE, 1987).

Figura 16 – Sequência típica de eventos na operação de uma bateria de percolação para café instantâneo. Forma, tamanho e número de colunas são diagramados



Fonte: Adaptado CLARKE; MACRAE (1987).

#### 4.5 Resfriamento e centrifugação

Após a obtenção do extrato, o mesmo é submetido a um resfriamento, com a finalidade de manter sua temperatura segundo os padrões, para que em seguida seja submetido a centrifugação.

A centrifugação faz parte de um processo denominado clarificação, que é uma exigência muito grande da separação. Esse processo separa de maneira segura e completa os resíduos do extrato do café, como aqueles que são responsáveis pelo amargor da bebida. Portanto, o processo de centrifugação faz com que as características finais do extrato sejam melhoradas (FLOTTWEG, [20-?]). Esta também é utilizada como método de separação da água, que é a mais leve, do extrato de café, que é mais pesado, facilitando o processo de concentração (HUANG; ZHANG, 2013).



## 4.6 Concentração

O processo utilizado será o que não ocasiona a perda de aroma causado pela degradação, ou seja, se fará uso do crio-concentrador, no qual há a presença do congelamento da água (temperatura abaixo de zero) (GEA, [20-?]b).

Esse método é baseado na separação dos sólidos solúveis de uma solução, por meio do congelamento da água que esta contém. Quando o produto, seja ele sólido ou líquido, é submetido ao congelamento, a água contida na mistura é a primeira a congelar; dessa maneira, a solução restante não congelada terá maior concentração de sólidos. O esquema básico que marca o processo de concentração do extrato pode ser compreendido em duas etapas fundamentais: o congelamento do extrato, sem que o ponto eutético seja atingido, e a separação do concentrado e dos cristais por meio do uso de prensas, centrífugas e colunas de lavagem (PÉREZ, 2014; HUI *et al*, 2004).

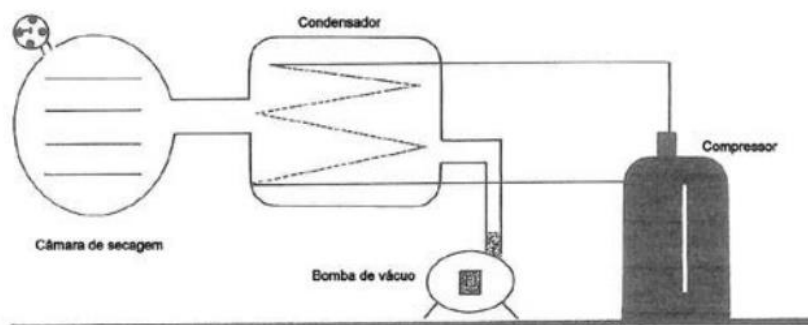
O extrato concentrado será dividido em duas linhas de saída, uma para o extrato bruto e outra para a secagem. A fração destinada somente para extrato, é levada diretamente para o envasamento, para posterior exportação.

## 4.7 Secagem

Ao que se refere à secagem, o método utilizado será a liofilização, que preserva todos os aspectos desejáveis do extrato de café concentrado, além de que o produto acabado gera um preço *premium* em todo o mundo, atendendo às demandas do mercado por parâmetros de qualidade, como cor, densidade e solubilidade (GEA, [20-?]b).

A liofilização é uma técnica de desidratação dos alimentos, cuja finalidade é a melhor preservação das características originais da matéria-prima. Dentre os componentes essenciais do liofilizador encontram-se uma câmara de secagem, um condensador, uma bomba de vácuo e um compressor (Figura 17).

Figura 17 – Esquema geral de um liofilizador



Fonte: METTA; AYROSA; PALETTA (2012).

O processo de liofilização compreende três etapas básicas: congelamento do produto fresco, secagem primária e secagem secundária (RIBEIRO, 2012). Inicialmente, o alimento é congelado, a fim de transformar as soluções aquosas dos alimentos em uma mistura de duas fases, sendo uma constituída por cristais de gelo e outra pela solução concentrada dos solutos (TERRONI *et al*, 2013).

Após a fase de congelamento, a câmara de secagem, onde o produto é colocado, é submetida a , e a pressão na câmara é reduzida a um valor que permita que haja a sublimação do solvente (água) na fase de secagem primária. Para que isto ocorra, é necessário que a zona de sublimação seja abaixo do ponto triplo da água (639,95 Pa e 273,15 K). De modo geral, os liofilizadores industriais trabalham com 10°C negativos ou uma pressão absoluta de 266,65 Pa (BOSS, 2004).

Nos leitos, os granulados congelados são carregados e mantidos em bandejas de com um formato especial durante a liofilização para facilitar a remoção de umidade, principalmente por sublimação do gelo, em um tempo razoável. As bandejas descansam em prateleiras aquecidas ou são submetidas a calor radiante, a temperaturas de superfície controladas, dentro de uma câmara, enquanto a temperatura real do material congelado é mantida suficientemente baixa para manter esta condição (CLARKE; MACRAE, 1987).

Durante a sublimação, parte significativa do calor latente é consumida. Devido a esse fenômeno, a temperatura do alimento congelado decresce. Como tal, é necessário fornecer mais calor ao produto, por meio de condução, convecção ou radiação. O final da desidratação primária pode ser constatado pelo aumento da temperatura do produto em um valor próximo ao do ambiente

ou pela observação visual quando desaparece a interface entre a camada seca e a camada congelada (ORDÓÑEZ, 2005).

Enquanto o principal objetivo da secagem primária é sublimar o solvente da matriz, a secagem secundária tem como principal função a redução do teor de umidade residual contida no produto, para níveis que não suportarão mais reações químicas ou desenvolvimento biológico (JENNINGS, 2009).

Como a emissão de vapores aumenta a pressão no sistema, bloqueando a sublimação, é necessário um equipamento ou dispositivo que retenha os vapores emitidos (GARCIA, 2009). Desse modo, a câmara de secagem é ligada diretamente com o condensador.

O condensador opera a temperaturas abaixo de  $-40^{\circ}\text{C}$ , mantendo sua temperatura de superfície em valores que a pressão de vapor do gelo esteja abaixo da pressão total da câmara, e o mesmo encontra-se conectado a uma bomba de vácuo. O vapor de água, à medida que é formado, deve ser continuamente removido, mantendo-se um diferencial de pressão entre o da água em equilíbrio com o gelo e uma pressão menor no duto de saída da câmara. Embora isso possa ser feito com grandes volumes de ar muito seco à pressão atmosférica, na prática, um vácuo muito alto é aplicado e o vapor de água é condensado como gelo (para ser continuamente removido) em condensadores, com superfícies mantidas a uma temperatura abaixo daquela do gelo no produto de secagem por meio de fluidos líquidos refrigerantes (CLARKE; MACRAE, 1987).

A velocidade de secagem está diretamente ligada ao gradiente de temperatura entre o produto e o condensador, ou seja, quanto maior esse gradiente, maior será a velocidade de secagem (JENNINGS, 2009).

#### **4.8 Envase do extrato e do café solúvel**

O café solúvel obtido após a secagem será destinado ao mercado externo na forma a granel, uma vez que a mesma possui vantagens de custos em comparação aos compradores estrangeiros, em *big bags* de 260 kg a 400 kg e em sacos de 60kg (ZYLBERSZTAJN *et al*,1993).

Já os extratos, que serão destinados a empresas que fabricam doces, sobremesas, sorvetes, cafés gelados, líquidos em lata, entre outros; ou até mesmo para indústrias que farão o uso deste para a fabricação de café solúvel, serão envasados em tambores de tamanhos que poderão variar de 20 litros a 230 litros e mantidos a uma temperatura abaixo de 18°C negativos, para que esse seja conservado (NEVES, 2009).

## 5 BALANÇO DE MASSA E ENERGIA PARA PRODUÇÃO DO CAFÉ SOLÚVEL

A Indústria *Acoffee* de Café Solúvel trabalhará 355 dias por ano e 24 horas por dia, gerando uma produção anual de  $6,99 \cdot 10^3$  toneladas de café solúvel e  $4,77 \cdot 10^3$  toneladas de extrato.

Embora o café torrado geralmente consista somente em espécie arábica puro ou em alta porcentagem, o café conilon é frequentemente usado em misturas designadas para a produção de café instantâneo, pois contém maiores quantidades de sólidos solúveis, o que aumenta o rendimento, gerando um custo inferior ao arábica e reduzindo o preço do produto final (adaptado LOPES *et al.*, 2000).

De acordo com Moura *et al.* (2007), a partir da avaliação de diferentes proporções de *blends* de café arábica com robusta (conilon), verificou-se que o café arábica, quando na proporção de 100%, apresentou notas significativamente maiores, para a fragrância do pó, aroma e sabor. Os *blends* de 50% arábica e 50% conilon, apresentam maior massa de sólidos solúveis, contudo, a adição de elevadas quantidades de conilon ocasiona a redução de açúcares redutores, afetando diretamente na qualidade da bebida (adaptado Ribeiro *et al.*, 2014).

Nesse sentido, a fim de garantir uma bebida de alta qualidade e reduzir o custo do extrato e café produzidos, a composição de *blends* será de 70% arábica e 30% conilon. Portanto, para a produção de café solúvel e extrato concentrado serão necessários aproximadamente  $5,92 \text{ t.h}^{-1}$  de café verde, sendo  $4,13 \text{ t.h}^{-1}$  de café arábica (aproximadamente 69 sacas de 60 kg) e  $1,79 \text{ t.h}^{-1}$  de café conilon (aproximadamente 30 sacas de 60 kg).

O processo de produção da *Acoffee* pode ser dividido em duas etapas principais: o pré-processo, composto pela limpeza e seleção, e o processo, que engloba desde a torra até a câmara de liofilização. O fluxograma que representa o processo de produção da presente indústria é apresentado no APÊNDICE E, e também pode ser visualizado na página 41 (Figura 14).

De forma geral, o balanço de massa é definido por:

$$\sum \text{Acúmulo} = \sum \text{Entrada} - \sum \text{Saída} + \sum \text{Geração} - \sum \text{Consumo} \quad (1)$$

Considerando que todas as etapas do processo estarão em regime permanente e que nenhuma dessas etapas apresenta reação química, a equação do balanço de massa que conduzirá todos os processos será:

$$\sum \text{Entrada} - \sum \text{Saída} = 0 \quad (2)$$

Já o balanço de energia, de uma maneira geral, é representado por:

$$\frac{dE}{dt} = \dot{Q} + \dot{W} + \dot{m}_e \left( h_e + \frac{v_e^2}{2} + gz_e \right) - \dot{m}_s \left( h_s + \frac{v_s^2}{2} + gz_s \right) \quad (3)$$

Em relação a equação 3, serão considerados durante todo processo, regime permanente, variações de energia cinética e potencial nulas e trabalho desprezível. Portanto, tem-se que:

$$\dot{Q} = \sum \dot{m}_{saída} \cdot h_{saída} - \sum \dot{m}_{entrada} \cdot h_{entrada} = \sum \dot{m}_i \cdot C_{p_i} \Delta T \quad (4)$$

Em que:

- $\dot{Q}$  - a taxa líquida de calor transferido dentro ou fora do volume de controle
- $h_i$ - entalpia de entrada ou saída da corrente i.
- $\dot{m}_i$ - vazão mássica da corrente i.
- $C_{p_i}$ -capacidade calorífica da corrente i.

A seguir serão apresentados os balanços de massa e energia necessários em cada etapa do processo conforme os setores da empresa.

## 5.1 Pré-processamento

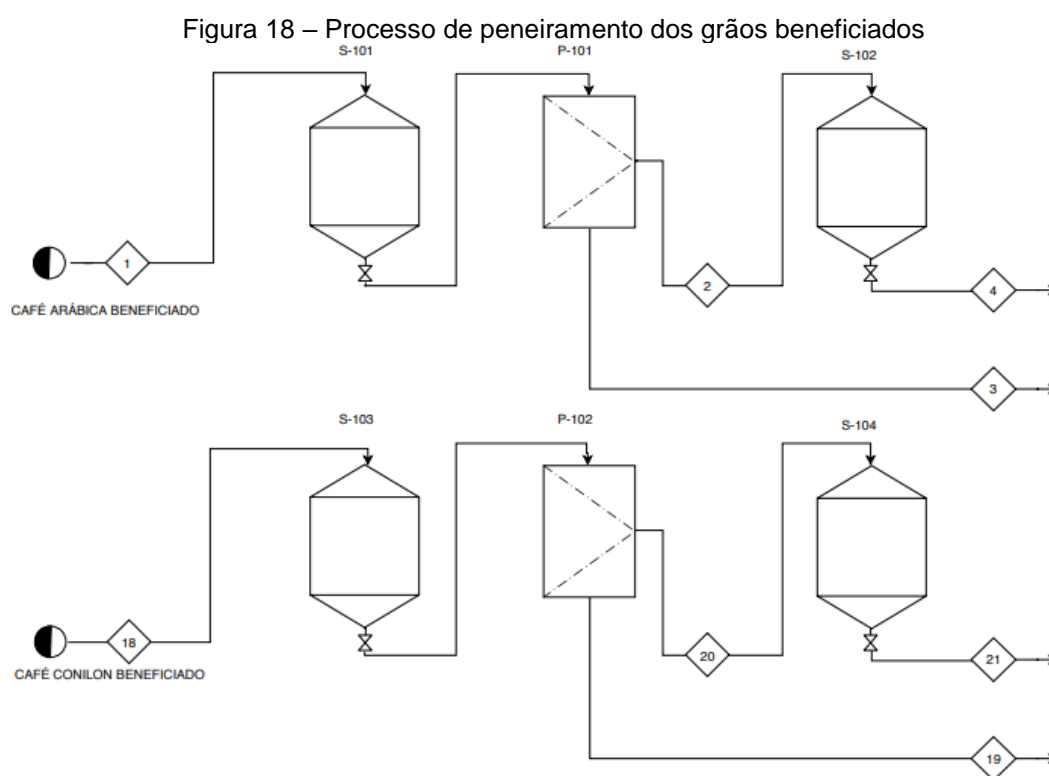
### 5.1.1 Seleção e limpeza

Antes da mistura e torrefação, muitas vezes é necessário remover uma pequena fração, em massa, de matéria estranha que pode estar presente no café verde. Esta matéria estranha, que pode depositar-se no fundo dos sacos,

compreende toda uma gama de materiais estranhos pesados, tais como, pedras, pregos, moedas, contaminantes leves, lascas de madeira, materiais fibrosos e poeiras em geral (CLARKE; MACRAE, 1987).

Além disso, é necessário a classificação por peneiras a fim de avaliar a homogeneidade dos grãos com relação ao tamanho, pois a qualidade da torração depende dessa homogeneidade. A ocorrência de grãos de café de diferentes tamanhos em um mesmo lote pode proporcionar uma torração rápida e desuniforme, principalmente, dos grãos de peneiras menores, os quais são rapidamente queimados, promovendo sabor e aroma desagradáveis à bebida do café (MATIELLO *et al.*, 2002; MENDONÇA, 2004). Assim, a separação dos grãos de café pelo tamanho proporciona melhor qualidade do produto final, permitindo maior uniformidade na torra.

O processo de seleção realizado será por meio de um sistema de peneiramento, conforme expresso pela Figura 18.



Fonte: Autoria Própria (2018).

Os cafés conilon e arábica beneficiados chegam à indústria e são levados até os silos de armazenamento, por meio das correntes 1 e 18, respectivamente, e, em sequência, são encaminhados para o processo de

peneiramento (metodologia utilizada para seleção dos grãos). Cada café possui uma peneira específica, sendo misturados somente após torra, tendo assim a formação do *blend*.

A Normativa nº 8, de 11 de Junho DE 2003, instrui que o percentual máximo de matérias estranhas e impurezas permitido no café beneficiado grão cru é de 1% (m/m). Excedendo esse valor, o produto será desclassificado temporariamente, sendo impedida a sua comercialização até o beneficiamento para enquadramento em tipo. Além disso, independentemente de sua classificação, os teores de umidade não poderão exceder os limites máximos de tolerância de 12,5% (MAPA, 2003).

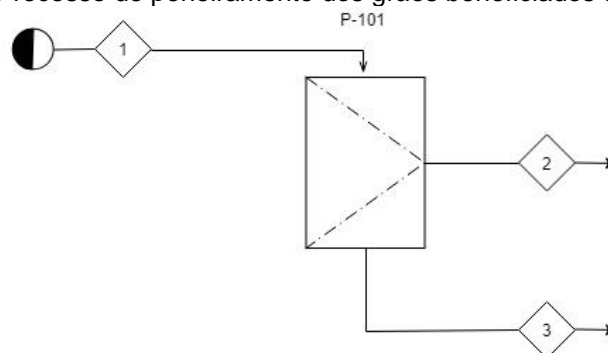
O teor de umidade é um parâmetro crítico para avaliação da qualidade do café verde, no sentido que afeta o crescimento de fungos, a produção de micotoxinas, a fermentação, as propriedades físicas, químicas e parâmetros sensoriais. Sua quantidade é geralmente controlada pelas condições de processamento, e, para o café verde, é mantido em cerca de 12% para permitir o transporte e o armazenamento seguros (CLARKE; MACRAE, 1987). Nesse sentido, serão considerados no projeto da *Acoffee* um teor de umidade inicial de 12 % e um percentual de impurezas no café cru de 0,98% (m/m).

No processo de peneiramento, deve-se considerar somente a presença de café e impurezas, uma vez que a umidade dos grãos não se altera a partir do peneiramento. O balanço de massa para essa etapa é apresentado a seguir.

#### 5.1.1.1 Café arábica

A Figura 19 representa o processo de peneiramento para o café arábica.

Figura 19 – Processo de peneiramento dos grãos beneficiados do tipo arábica



Fonte: Autoria Própria (2018).



Assumindo que na corrente 2 (café beneficiado) a porcentagem de impurezas seja nula, tem-se que:

- Balanço de Massa Global:

$$F_1 - F_2 - F_3 = 0 \quad (5)$$

- Balanço de Massa para o Café:

$$x_{impurezas_1} F_1 - x_{impurezas_3} F_3 = 0 \quad (6)$$

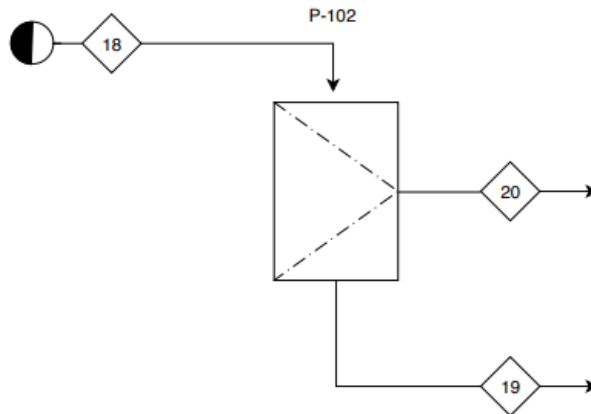
$$0,0098 F_1 = F_3$$

(7)

#### 5.1.1.2 Café conilon

Para o café conilon o peneiramento é apresentada na Figura 20.

Figura 20 – Processo de peneiramento dos grãos beneficiados do tipo conilon



Fonte: Autoria Própria (2018).

Considerando a corrente 20 (café beneficiado) livre de impurezas:

- Balanço de Massa Global:

$$F_{18} - F_{19} - F_{20} = 0 \quad (8)$$

- Balanço de Massa para Impurezas:

$$x_{impurezas_{18}} F_{18} - x_{impurezas_{19}} F_{19} = 0 \quad (9)$$

$$0,0098F_{18} = F_{19} \quad (10)$$

Os resultados obtidos por meio desses balanços são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Composições e vazões das correntes 1, 2 e 3 para o café arábica e das correntes 18, 19 e 20 para o café conilon no processo de limpeza e seleção

	<b>Corrente</b>	<b>Vazão Mássica (t.h<sup>-1</sup>)</b>	<b>Café (%)</b>	<b>Impurezas (%)</b>
Arábica	1	4,1667	99,02	0,98
	2	4,1259	100,00	-
	3	0,0408	-	100,00
Conilon	18	1,7857	99,02	0,98
	19	0,0175	-	100,00
	20	1,7682	100,00	-

Fonte: Autoria Própria (2018).

Após o processo de limpeza os cafés são encaminhados para armazenamento (silos). Considerando que as vazões de entrada e saída desses são iguais, tem-se que as correntes 2 e 4 do café arábica, 20 e 21 do café conilon são equivalentes.

Quanto à composição dos grãos verdes, de acordo com Illy e Viani (1995), os sólidos solúveis (SS) presentes nos cafés conilon são, aproximadamente 2% maiores que os contidos nos cafés do tipo arábica, e variam de 23,8% a 27,3% (m/m) para o arábica e 26,0% a 30,0% (m/m) para o conilon, valores esses que se aproximam também aos citados por Agnoletti (2015). Considerando-se que a condições climáticas, tempo de maturação e demais fatores podem influenciar a porcentagem de sólidos, determina-se que os sólidos solúveis dos grãos verdes utilizados no processo serão de 20,58% (m/m) para o café arábica e 25,50 % (m/m) para o café conilon.

## 5.2 Processo

### 5.2.1 Torrefação

Após a seleção dos grãos, tem-se a torrefação. O processo de torrefação é composto por três etapas: secagem, torra e resfriamento. Na secagem há a

eliminação de água e a liberação de compostos voláteis, responsáveis pela perda de massa do grão; enquanto que na torrefação, tem-se a modificação da composição química dos grãos, graças às reações exotérmicas de pirólise, que liberam grande quantidade de CO<sub>2</sub> (gás carbônico). Já o resfriamento é causado pela injeção de água no café, ainda dentro do torrador, para que haja a redução imediata da temperatura, evitando assim, a carbonização do produto (SIVEZT; DESROSIER, 1979).

Segundo Folmer (2017), na maioria das operações de torrefação em escala industrial, os grãos das diferentes variedades são torrados juntos em um único processo de torrefação. No entanto, tal mistura pode ocasionar uma diferença visível no grau de torra (aparência não homogênea dos grãos torrados). Nesse sentido, afim de manter uma homogeneidade na torrefação, os grãos arábica e conilon serão torrados separadamente.

#### 5.2.1.1 Secagem e torra

Durante o processo de torrefação, a transferência de calor e de massa acontece simultaneamente. Os grãos são aquecidos pelo escoamento de gás quente e contato com as paredes do torrador (VANEGAS, 2015). A temperatura e tempo de torra, a umidade, a concentração de sólidos solúveis são fatores determinantes para obtenção de grãos aromáticos.

As temperaturas utilizadas para a torra dos grãos dependem do tipo de torrador, mas geralmente variam de 210°C a 240°C de acordo com o grau de torra desejado (CLARKE; MACRAE, 1987). De acordo com a ICO (2018), os grãos são aquecidos a uma temperatura de 180°C a 240°C por 8 a 15 minutos. Silva (2012), por sua vez, descreve que o tempo de torra, varia de 3 a 20 min de acordo com o equipamento utilizado e a bebida de interesse.

Para Folmer (2017) e Borém (2002), respectivamente, a temperatura típica do produto final pode estar na faixa de 200°C e 250°C e a capacidade calorífica de grãos entre 1,00 kJ.kg<sup>-1</sup>.°C<sup>-1</sup> e 3,00 kJ.kg<sup>-1</sup>.°C<sup>-1</sup>, para todas as variedades de café cereja descascado, nos teores de umidade entre 0,1 a 0,95 (b.s.). Ciro (2000), apresenta em seu trabalho capacidade calorífica igual a 1,977 kJ.kg<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup> para grãos com 12% de umidade.

Visto que a *Acoffee* tem o intuito de produzir café e extrato com elevado aroma (torra média), a temperatura final de torra e tempo de retenção serão de 220°C e 12 min, respectivamente. Além disso, será assumido que a capacidade calorífica de 1,977 kJ.kg<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup> é constante para os grãos arábica e conilon e equivalente para ambos em todo processo de produção.

No que se refere aos sólidos solúveis, segundo um estudo realizado por Fernandes *et al.* (2003), para cafés torrados, o café conilon destaca-se pelo seu elevado teor de sólidos solúveis (31,39%), seguido do *blend* constituído de café 70% arábica e 30% *canephora* (27,49%) e do café arábica 100% (26,97%), os quais não diferiram significativamente entre si. Lopes *et al.* (2000), por sua vez, obtiveram de 24% a 28% de sólidos solúveis para diferentes cultivares de arábica após a torração, enquanto Alves *et al.* (2007) obtiveram de 30% a 32 % para grãos da mesma espécie. Já em relação aos compostos voláteis, estes constituem uma pequena percentagem (0,1%) do grão torrado (DÚRAN *et al.*, 2017).

Levando em conta que as percentagens de sólidos solúveis de cada grão são influenciadas pelo local de plantio, condições pelas quais a planta é submetida e que tal composição por ser afetada pela temperatura de torra, serão assumidos para o *blend* de interesse que a percentagem de sólidos solúveis na fração de saída do torrador para os grãos arábica e conilon será, respectivamente, de aproximadamente 24% e 30% (m/m).

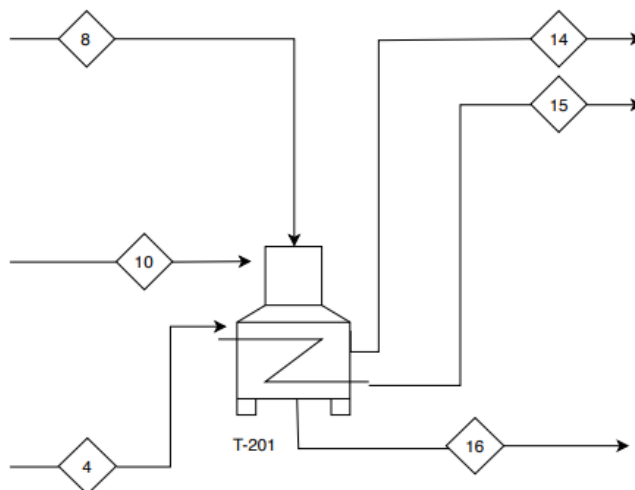
De acordo com informações cedidas pela empresa Cia. Iguaçu (2018), durante a torrefação há uma perda de massa de 15 a 20% de café, e também uma redução da umidade do grão até que o mesmo atinja 4%. Rosa *et al.* (2005), por sua vez, relatam que essa perda é de exatamente 15%, portanto para a *Acoffee* nessa etapa de produção a perda proveniente da torra do café, considerada será igual a 15%.

Por fim, a umidade estabelecida após esse processo para ambas variedades será de aproximadamente 3,5%, valor dentro do estabelecido pela legislação brasileira (máximo de 5%) por meio da Portaria nº 377, de 26 de abril de 1999 (BRASIL, 1999), e aproximado ao informado pela empresa colaboradora.

### 5.2.1.1.1 Grãos arábica

A Figura 21 apresenta o processo de torrefação dos grãos arábica.

Figura 21 –Torrador: arábica



Fonte: Autoria Própria (2018).

Nessa etapa, tem-se a adição de grãos provenientes do peneiramento. Esses são torrados por meio da transferência de calor ocasionada pela passagem do ar aquecido (corrente 8). Durante a torrefação tem-se a secagem dos grãos e liberação de umidade e compostos voláteis provenientes da alteração química dos mesmos. Assim sendo, na corrente 14 é liberado ar juntamente com tais compostos e água, enquanto na corrente 16 libera-se grãos torrados com umidade reduzida.

Segundo Illy e Viani (1995), aproximadamente 90% da perda de massa durante a torra se devem a água, sendo que 72% correspondem a umidade inicial do grão de café. Os outros 18% correspondem água formada durante as reações de pirólise. Já os 10% restantes da perda total correspondem principalmente a  $\text{CO}_2$  e pequenas quantidades de compostos voláteis de aroma que se formam e são liberados durante o processo.

Portanto, de acordo com os dados fornecidos anteriormente e desconsiderando a umidade formada durante a reação de pirólise, para a *Acoffee* a perda de massa do café durante a torra será constituída por 70% (m/m) de umidade e 30% (m/m) de  $\text{CO}_2$  e voláteis.

Em posse das considerações feitas acima e dos dados fornecidos para tal etapa, os balanços de massa e energia para os grãos arábica podem ser dados por:

- Balanço global:

$$F_8 + F_4 - F_{14} - F_{16} = 0 \quad (11)$$

Sendo a perda de massa de 15%:

$$F_{14} = 0,15 F_4 + F_8 \quad (12)$$

- Substituindo (11) em (10):

$$F_{16} = 0,85 F_4 \quad (13)$$

- Balanço para sólidos insolúveis:

$$x_{SI4} F_4 - x_{SI16} F_{16} = 0 \quad (14)$$

- Balanço para sólidos solúveis:

$$x_{SS4} F_4 - x_{SS16} F_{16} = 0 \quad (15)$$

- Soma das composições para corrente 9 (sólidos insolúveis, solúveis e umidade):

$$x_{SS4} + x_{SI4} + x_{U4} = 1 \quad (16)$$

- Balanço para Água:

$$x_{A4} F_4 - x_{A14} F_{14} - x_{A16} F_{16} = 0 \quad (17)$$

- Soma das composições para a massa perdida durante a torra (compostos voláteis e vapor de água):

$$x_{CV14} + x_{A14} = 1 \quad (18)$$

- Balanço de energia para os grãos crus

$$Q_{arábica} = F_4 \cdot Cp \cdot \Delta T \quad (19)$$

- Balanço de energia para o ar

$$Q_8 = -Q_{arábica} \quad (20)$$

Com base nas informações apresentadas na literatura, *Acoffee* assumirá que os grãos inicialmente encontram-se a 25°C, que o ar possui umidade desprezível e temperatura inicial de 240°C, e ao fim do processo ambos estarão a 220°C. Por meio de tais equações, determinou-se as composições das correntes. A Tabela 2 expressa, os dados obtidos.

Tabela 2 – Composições e vazões das correntes 4, 8, 14 e 16 para o processo de torrefação de grãos arábica e calor requerido na torrefação

$Q_{arábica} = 1,5906.10^6 \text{ kJ.h}^{-1}$					
Corrente	Vazão Mássica (t.h <sup>-1</sup> )	Sólidos Solúveis (SS) (%)	Sólidos Insolúveis (SI) (%)	Água (A) (%)	Compostos Voláteis (CV) (%)
4	4,1259	20,58	67,42	12,00	-
8	77,2134	-	-	-	-
14	77,8323	-	-	0,70	0,30
16	3,5070	24,21	72,29	3,50	-

Fonte: Autoria Própria (2018).

#### 5.2.1.1.2 Grãos conilon

A Figura 22 representa a torrefação para o grãos dessa variedade.

Figura 22 – Torrador: conilon

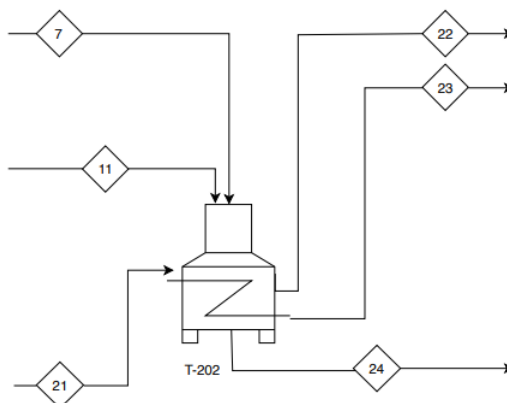


Figura: Autoria própria (2018).

Para os grãos conilon, considerando as mesmas condições apresentadas acima, os balanços de massa e energia são dados por:

- Balanço global:

$$F_7 + F_{21} - F_{22} - F_{24} = 0 \quad (21)$$

Sendo a perda de massa de 15%:

$$F_{22} = 0,15 F_{21} + F_7 \quad (22)$$

- Substituindo (20) em (19):

$$F_{24} = 0,85 F_{21} \quad (23)$$

- Balanço para sólidos insolúveis:

$$x_{SI_{21}} F_{21} - x_{SI_{24}} F_{24} = 0 \quad (24)$$

- Balanço para sólidos solúveis:

$$x_{SS_{21}} F_{21} - x_{SS_{24}} F_{24} = 0 \quad (25)$$

- Soma das composições para corrente 21 (sólidos insolúveis, solúveis e umidade):

$$x_{SS_{21}} + x_{SI_{21}} + x_{U_{21}} = 1 \quad (26)$$

- Balanço para Água:

$$x_{A_{21}} F_{21} - x_{A_{22}} F_{22} - x_{A_{24}} F_{24} = 0 \quad (27)$$

- Soma das composições para a massa perdida durante a torra (compostos voláteis e vapor de água):

$$x_{CV_{11}} + x_{A_{11}} = 1 \quad (28)$$

- Balanço de energia para os grãos crus:

$$Q_{conilon} = F_{21} \cdot (h_{24} - h_{21}) \quad (29)$$



- Balanço de energia para o ar:

$$Q_7 = -Q_{conilon} \quad (30)$$

Por meio de tais equações, determinou-se as composições das correntes. As Tabela 3 expressa os dados obtidos:

Tabela 3 – Composições e vazões das correntes 7, 21, 22 e 24 para o processo de torrefação e calor requerido na torrefação

$Q_{conilon} = 6,8162 \cdot 10^5 \text{ kJ.h}^{-1}$					
Corrente	Vazão Mássica ( $\text{t.h}^{-1}$ )	Sólidos Solúveis (SS) (%)	Sólidos Insolúveis (SI) (%)	Água (A) (%)	Compostos Voláteis (CV) (%)
7	33,0914	-	-	-	-
21	1,7682	25,50	62,50	12,00	-
22	33,3567	-	-	-	-
24	1,5030	30,00	66,50	3,50	-

Fonte: Autoria Própria (2018).

#### 5.2.1.2 Resfriamento

O café, após torrado, passará por um sistema de resfriamento, um processo sucessivo e rápido que visa condensar no interior do grão as substâncias aromáticas, responsáveis pelo aroma e sabor do café. Normalmente, dois métodos são utilizados para o resfriamento dos grãos: ar ou água por um tempo de 5 minutos. Os voláteis de aroma e o  $\text{CO}_2$  remanescentes do processo de torra são liberados pelo sistema de exaustão do resfriador. Após tais etapas, os grãos são depositados em silos para posterior moagem (adaptado GONZALES, 2004).

Levando em consideração que o modelo de torrefador arbitrado pela *Acoffee* apresenta um sistema de resfriamento acoplado, os grãos após a torra permanecerão no equipamento e serão resfriados por injeção de água. Portanto, tem-se que a temperatura inicial do grão torrado é  $220^\circ\text{C}$ , e a final,  $70^\circ\text{C}$ .

A perda de massa nessa etapa é ínfima, uma vez que a maioria dos compostos voláteis e água são eliminados no processo de torrefação. Por esse motivo, será considerado que toda água injetada (inicialmente a  $25^\circ\text{C}$ ),

evaporará durante o resfriamento deixando o torrador como vapor superaquecido, e que composição dos grãos torrados não sofrerá alteração.

#### 5.2.1.2.1 Resfriamento dos grãos arábica

Os balanços de massa e energia para o processo de resfriamento são:

- Balanço Massa:

$$F_{10} = F_{15} \quad (31)$$

- Balanço de energia para o grão torrado:

$$Q_{arábica} = F_{16} \cdot C_p (\Delta T) \quad (32)$$

$$Q_{arábica} = -Q_{água} \quad (33)$$

- Balanço de energia para a água:

$$Q_{água} = F_{10} \cdot (h_{15} - h_{10}) \quad (34)$$

Desse modo, tem-se a vazões, composições e propriedades das correntes 10, 15 e 16, conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 – Dados das correntes 10,15 e 16 para o processo e calor liberado no resfriamento

<b>Qr = -1,0400.10<sup>6</sup> kJ.h<sup>-1</sup></b>					
<b>Corrente</b>	<b>Vazão Mássica (t.h<sup>-1</sup>)</b>	<b>Sólidos Solúveis (SS) (%)</b>	<b>Sólidos Insolúveis (SI) (%)</b>	<b>Água (A) (%)</b>	<b>Compostos Voláteis (CV) (%)</b>
10	0,4045	-	-	100	-
15	0,4045	-	-	100	-
16	3,5070	24,21	72,29	3,50	-

Fonte: Aatoria Própria (2018).

#### 5.2.1.2.2 Resfriamento dos grãos conilon

Os balanços de massa e energia para essa variedade são dados por:

- Balanço Massa:

$$F_{11} = F_{23} \quad (35)$$

- Balanço de energia para o grão torrado:

$$Q_{conilon} = F_{24} \cdot C_p (\Delta T) \quad (36)$$

$$Q_{arábica} = -Q_{água} \quad (37)$$

- Balanço de energia para a água:

$$Q_{água} = F_{11} \cdot (h_{23} - h_{11}) \quad (38)$$

Desse modo, tem-se a vazões, composições e propriedades das correntes 11, 23 e 24, conforme apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 – Dados das correntes 11, 23 e 24 para o processo e calor liberado no resfriamento

<b>Qr = -4,4572.10<sup>5</sup> kJ.h<sup>-1</sup></b>				
<b>Corrente</b>	<b>Vazão Mássica (t.h<sup>-1</sup>)</b>	<b>Sólidos Solúveis (SS) (%)</b>	<b>Sólidos Insolúveis (SI) (%)</b>	<b>Água (A) (%)</b>
11	0,1734	-	-	100
23	0,1734	-	-	100
24	1,5030	30,00	66,50	3,50

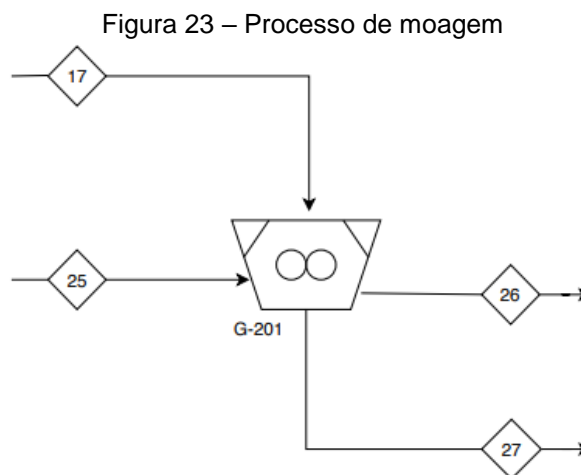
Fonte: Aurtoria Própria (2018).

Após o resfriamento dos grãos, esses são armazenados em silos, onde atingem uma temperatura de 40°C e posteriormente são moídos. Os silos apresentam um sistema de controle de alta precisão que permite a injeção dos grãos de acordo com o blend pré-determinado. Assim sendo, considerando o *blend* (70% arábica e 30% conilon), tem-se a adição dos grãos no sistema de moagem.

### 5.2.2 Moagem

Na etapa de granulação, o café torrado é enviado para moinhos, onde os grãos são fracionados ou moídos. Nessa etapa busca-se evitar a perda de sabor através da mínima geração de calor no processo, bem como obter uma

distribuição geométrica mais uniforme (NEVES, 2009). Durante o processo há um aumento da superfície de contato, que tem como objetivo aumentar o rendimento na etapa de extração. Segundo uma empresa colaboradora, durante essa operação ocorre uma perda de massa de aproximadamente 0,2%. Diante disso, para os cálculos a seguir será considerada uma redução de massa de 0,2%. A Figura 23 representa o processo.



Fonte: Autoria Própria (2018).

Como apresentado no Apêndice E, há um silo entre as correntes 16 e 17 e correntes 24 e 25, uma vez que o processo de moagem não é contínuo, porém, este é responsável somente pelo armazenamento, concluindo-se assim que as vazões e composições das correntes são as mesmas.

A massa perdida durante o processo de moagem é representada pela corrente 26, enquanto a corrente 27 é composta pelo *blend* de café torrado e moído. A corrente 27 é responsável pela distribuição do produto nos percoladores presentes no processo de extração. De acordo com Cia. Iguaçu (2018), a massa de café torrado e moído em cada percolador está entre 900 kg e 1000 kg, em ciclos de extração com 40 minutos de duração, para uma produção de 22000 toneladas por ano. Assumindo que na *Acoffee* serão utilizados 5 percoladores cuja vazão de café será  $1000 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$  em cada percolador, e que o café torrado e moído será mantido em leito estático nas colunas verticais, enquanto um fluxo de água quente, em contracorrente, entrará nos percoladores de forma contínua, em um tempo médio de processamento de 40 minutos, tem-se que a corrente 27 pode ser dada por:

$$F_{27} = 5 * \text{Vazão mássica de cada percolador} \quad (39)$$

Logo, para o balanço de massa na etapa de moagem, tem-se que:

- Balanço de Massa Global:

$$F_{17} + F_{25} - F_{26} - F_{27} = 0 \quad (40)$$

- Considerando 0,2% de perda de massa:

$$F_{27} = 0,998(F_{17} + F_{25}) \quad (41)$$

- Balanço de Massa para Sólidos Solúveis:

$$x_{SS_{17}}F_{17} + x_{SS_{25}}F_{25} - x_{SS_{26}}F_{26} - x_{SS_{27}}F_{27} = 0 \quad (42)$$

- Balanço para Sólidos Insolúveis:

$$x_{SI_{17}}F_{17} + x_{SI_{25}}F_{25} - x_{SI_{26}}F_{26} - x_{SI_{27}}F_{27} = 0 \quad (43)$$

- Soma das composições (sólido solúvel, sólido insolúvel e água) para Corrente 27:

$$x_{SS_{17}} + x_{SI_{17}} + x_{A_{17}} = 1 \quad (44)$$

- Soma das composições (sólido solúvel, sólido insolúvel e água) para Corrente 26:

$$x_{SS_{26}} + x_{SI_{26}} + x_{A_{26}} = 1 \quad (45)$$

Os valores de vazão mássica e composição das correntes foram calculadas, e os resultados apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 – Composições e vazões das correntes 17, 25, 26 e 27 para o processo de moagem

Corrente	Vazão Mássica (t.h <sup>-1</sup> )	Sólidos		Água (A) (%)
		Solúveis (SS) (%)	Insolúveis (SI) (%)	
17	3,5070	24,21	72,29	3,50
25	1,5030	30,00	66,50	3,50
26	0,0100	26,00	70,50	3,50
27	5,0000	26,00	70,50	3,50

Fonte: Autoria Própria (2018).

Após a moagem, os grãos são armazenados. Desse modo, a corrente 27 é equivalente à 28.

### 5.2.3 Extração

Ao contrário da extração caseira, ou seja, aquela que ocorre nas casas através do café moído e torrado vendido, realizada em um único estágio e que fornece um café muito diluído (aproximadamente 1% m/m). Para se obter uma extração eficiente com uma concentração adequadamente alta de sólidos solúveis - SS (20% - 25%, m/m) no extrato final retirado, é necessário utilizar uma operação em contracorrente contínua ou em múltiplos estágios (TRUGO *et al.*, 2003; CLARKE; MACRAE, 1987). A SCAA (*Specialty Coffee Association of America*) ([201-]) diz que o processo de extração ideal é aquele que possui um extrato com 18% a 22% (m/m) de SS. De acordo com a Cia. Iguazu (2018), a concentração de sólidos solúveis no extrato obtido varia de 15% a 20% em massa, dependendo do processo utilizado. Além disso, a mesma fornece que o tempo de ciclo para o processo é, em média, de 40 minutos. Como dito anteriormente, o processo realizado pela *Acoffee* fará o uso de 5 percoladores no processo de extração.

Segundo Nogueira e Trugo (2003), no processo de produção do café solúvel, os grãos torrados são moídos e submetidos à extração sob pressão em altas temperaturas (180°C), o que promove um enriquecimento de sólidos solúveis em relação à matéria-prima. Para a ITC (2018), no entanto, a água de entrada pode atingir até 200°C. Diante disso, a água entrará na coluna a 1,7 MPa

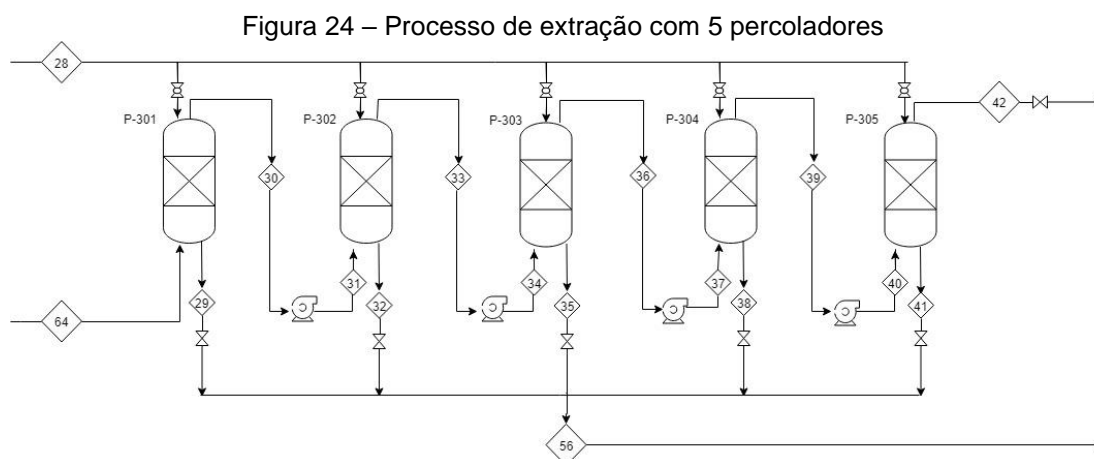
e 190°C e a composição de sólidos solúveis e insolúveis, ao final de tal processo, será de 19,37% (m/m) e de 2,82% (m/m), respectivamente.

Os extratores, por sua vez, operam a uma temperatura de 140°C - 180°C sob uma pressão de (14-16) bar (IARC,1991). Portanto, em posse das informações, a *Acoffee* estabelece que seus percoladores operarão em temperaturas de 174°C a 110°C e pressões de 1,6 MPa a 1,2MPa, sendo a variação de temperatura e pressão constantes entre eles e equivalente a 16°C e 0,1 MPa, respectivamente. Quanto às condições iniciais do café moído, estabelece-se que ao início da extração o mesmo estará a 25°C e 0,1 MPa.

Durante o processo de extração há, ainda, a geração da borra, que é considerada como subproduto e usualmente utilizada para geração de energia nas caldeiras “ecológicas”, uma vez que será utilizada nela, como parte do combustível, um subproduto da produção, a borra. No presente trabalho, será considerado que a cada 1000 kg.h<sup>-1</sup> de café adicionado aos percoladores, serão gerados aproximadamente 1412 kg.h<sup>-1</sup> de borra com 50% de umidade (Cia. Iguaçu, 2018).

Levando em consideração as informações fornecidas na etapa de moagem (página 67) e sabendo que a massa de café torrado e moído que entra em cada percolador é igual a 1000 kg.h<sup>-1</sup>, essa corrente será chamada de corrente 28\*, uma vez que é equivalente a 1/5 da corrente 28, obtendo-se assim uma vazão equivalente a 1 t.h<sup>-1</sup> para a corrente 28\* (café torrado e moído).

A Figura 24 representa a etapa de extração, apresentado todas as correntes e vazões que compõem esse processo.



Fonte: Autoria Própria (2018).

Na Figura 24, observa-se que as correntes 30, 33, 36, 39 e 42 são compostas pelos extratos provenientes dos percoladores, já a corrente 64 corresponde à entrada de água pura, enquanto as correntes 29, 32, 35, 38 e 41 dizem respeito à borra gerada no processo. Além disso, pode-se observar que cada coluna apresenta um válvula globo, a fim de garantir a entrada dos grãos moídos de acordo com o desejado em cada coluna. As bombas, por sua vez, têm como função a conservação das condições de operação (pressão) do fluido no percolador. Para as bombas será arbitrado uma queda de pressão de 1,25% para cada extrator.

Dispondo das informações citadas acima e das entalpias e calores específicos fornecidos pelo ANEXO B e APÊNDICE A, o balanço de energia pode ser realizado para cada extrator, de maneira a encontrar as temperaturas de saída do resíduo (borra) obtido na extração.

Realizando o balanço para cada um dos extratores tem-se que:

#### 5.2.3.1 Extrator 1

##### 5.2.3.1.1 Balanço de Massa

- Balanço Global:

$$F_{28^*} + F_{64} - F_{29} - F_{30} = 0 \quad (46)$$

- Balanço para Sólidos Solúveis:

$$x_{SS_{28^*}} F_{28^*} - x_{SS_{29}} F_{29} - x_{SS_{30}} F_{30} = 0 \quad (47)$$

- Soma das composições (sólidos solúveis, sólidos insolúveis e água) para corrente 29:

$$x_{SS_{29}} + x_{SI_{29}} + x_{A_{29}} = 1 \quad (48)$$

##### 5.2.3.1.2 Balanço de Energia

- Balanço de Energia global:

$$F_{28^*} \cdot h_{28^*} + F_{64} \cdot h_{64} - F_{29} \cdot h_{29} - F_{30} \cdot h_{30} = 0 \quad (49)$$



Portanto, para o primeiro extrator os resultados são apresentados na Tabela 7:

Tabela 7 – Dados das correntes 28\*, 29, 30 e 64 para o processo de extração no extrator 1

Corrente	Temperatura (°C)	Vazão Mássica (t.h <sup>-1</sup> )	Sólidos		Água (A) (%)
			Solúveis (SS) (%)	Sólidos Insolúveis (SI) (%)	
28*	25	1,0000	26,00	70,50	3,50
29	184	1,4118	2,40	47,6	50,00
30	174	7,4853	3,02	0,44	96,54
64	190	7,8971	-	-	100,00

Fonte: Autoria Própria (2018).

### 5.2.3.2 Extrator 2

As equações que representam o balanço de massa e energia para o extrator 2 são apresentadas a seguir, seguida da Tabela 8 que é composta por todos os valores encontrados.

#### 5.2.3.2.1 Balanço de Massa

- Balanço Global

$$F_{28*} + F_{31} - F_{32} - F_{33} = 0 \quad (50)$$

- Balanço para Sólidos Insolúveis:

$$x_{SI_{28*}} F_{28*} + x_{SI_{31}} F_{31} - x_{SI_{32}} F_{32} - x_{SI_{33}} F_{33} = 0 \quad (51)$$

- Soma das composições (sólidos solúveis, sólidos insolúveis e água) para corrente 32:

$$x_{SS_{32}} + x_{SI_{32}} + x_{A_{32}} = 1 \quad (52)$$

- Balanço para Sólidos Solúveis:

$$x_{SS_{28*}} F_{28*} + x_{SS_{31}} F_{31} - x_{SS_{32}} F_{32} - x_{SS_{33}} F_{33} = 0 \quad (53)$$

- Soma das composições (sólidos solúveis, sólidos insolúveis e água) para corrente 33:

$$x_{SS_{33}} + x_{SI_{33}} + x_{A_{33}} = 1 \quad (54)$$

#### 5.2.3.2.2 Balanço de Energia

- Balanço de Energia global:

$$F_{28^*} \cdot h_{28^*} + F_{31} \cdot h_{31} - F_{32} \cdot h_{32} - F_{33} \cdot h_{33} = 0 \quad (55)$$

Tabela 8 – Dados das correntes 28\*, 31, 32 e 33 para o processo de extração no extrator 2

Corrente	Temperatura (°C)	Vazão Mássica (t.h <sup>-1</sup> )	Sólidos		Água (A) (%)
			Solúveis (SS) (%)	Sólidos Insolúveis (SI) (%)	
28*	25	1,0000	26,00	70,50	3,50
31	174	7,4853	3,02	0,44	96,54
32	168	1,4118	2,40	47,60	50,00
33	158	7,0735	6,39	0,94	92,67

Fonte: Autoria Própria (2018).

#### 5.2.3.3 Extrator 3

##### 5.2.3.3.1 Balanço de Massa

- Balanço Global:

$$F_{28^*} + F_{34} - F_{35} - F_{36} = 0 \quad (56)$$

- Balanço para Sólidos Insolúveis:

$$x_{SI_{28^*}} F_{28^*} + x_{SI_{34}} F_{34} - x_{SI_{35}} F_{35} - x_{SI_{36}} F_{36} = 0 \quad (57)$$

- Soma das composições (sólidos solúveis, sólidos insolúveis e água) para corrente 35:

$$x_{SS_{35}} + x_{SI_{35}} + x_{A_{35}} = 1 \quad (58)$$

- Balanço para Sólidos Solúveis:

$$x_{SS_{28^*}} F_{28^*} + x_{SS_{34}} F_{34} - x_{SS_{35}} F_{35} - x_{SS_{36}} F_{36} = 0 \quad (59)$$

- Soma das composições (sólidos solúveis, sólidos insolúveis e água) para corrente 36:

$$x_{SS_{36}} + x_{SI_{36}} + x_{A_{36}} = 1 \quad (60)$$

#### 5.2.3.3.2 Balanço de Energia

- Balanço de Energia global:

$$F_{28^*} \cdot h_{28^*} + F_{34} \cdot h_{34} - F_{35} \cdot h_{35} - F_{36} \cdot h_{36} = 0 \quad (61)$$

Com auxílio das equações apresentadas, pode-se encontrar as composições, vazões das correntes por meio do balanço de massa e a temperatura da corrente 35, com o balanço de energia. A Tabela 9 apresenta os resultados obtidos.

Tabela 9 – Dados das correntes 28\*, 34, 35 e 36 para o processo de extração no extrator 3

Corrente	Temperatura (°C)	Vazão Mássica (t.h <sup>-1</sup> )	Sólidos Solúveis (SS) (%)	Sólidos Insolúveis (SI) (%)	Água (A) (%)
28*	25	1,0000	26,00	70,50	3,50
34	158	7,0735	6,39	0,94	92,67
35	153	1,4118	2,40	47,60	50,00
36	142	6,6617	10,18	1,48	88,34

Fonte: Autoria Própria (2018).

#### 5.2.3.4 Extrator 4

##### 5.2.3.4.1 Balanço de Massa

- Balanço Global

$$F_{28^*} + F_{37} - F_{38} - F_{39} = 0 \quad (62)$$

- Balanço para Sólidos Insolúveis:

$$x_{SI_{28^*}} F_{28^*} + x_{SI_{37}} F_{37} - x_{SI_{38}} F_{38} - x_{SI_{39}} F_{39} = 0 \quad (63)$$

- Soma das composições (sólidos solúveis, sólidos insolúveis e água) para corrente 38:

$$x_{SS_{38}} + x_{SI_{38}} + x_{A_{38}} = 1 \quad (64)$$

- Balanço para Sólidos Solúveis:

$$x_{SS_{28^*}} F_{28^*} + x_{SS_{37}} F_{37} - x_{SS_{38}} F_{38} - x_{SS_{39}} F_{39} = 0 \quad (65)$$

- Soma das composições (sólidos solúveis, sólidos insolúveis e água) para corrente 39:

$$x_{SS_{39}} + x_{SI_{39}} + x_{A_{39}} = 1 \quad (66)$$

#### 5.2.3.4.2 Balanço de Energia

- Balanço de Energia global:

$$F_{28^*} \cdot h_{28^*} + F_{37} \cdot h_{37} - F_{38} \cdot h_{38} - F_{39} \cdot h_{39} = 0 \quad (67)$$

A Tabela 10 apresenta todos as composições, vazões mássicas e temperatura calculadas.

Tabela 10 – Dados das correntes 28\*, 37, 38 e 39 para o processo de extração no extrator 4

Corrente	Temperatura (°C)	Vazão Mássica (t.h <sup>-1</sup> )	Sólidos	Sólidos	Água (A) (%)
			Solúveis (SS) (%)	Insolúveis (SI) (%)	
28*	25	1,0000	26,00	70,50	3,50
37	142	6,6617	10,18	1,48	88,34
38	139	1,4118	2,40	47,60	50,00
39	126	6,2499	14,47	2,11	83,42

Fonte: Autoria Própria (2018).

### 5.2.3.5 Extrator 5

#### 5.2.3.5.1 Balanço de Massa

- Balanço Global

$$F_{28^*} + F_{40} - F_{41} - F_{42} = 0 \quad (68)$$

- Balanço para Sólidos Insolúveis:

$$x_{SI_{28^*}} F_{28^*} + x_{SI_{40}} F_{40} - x_{SI_{41}} F_{41} - x_{SI_{42}} F_{42} = 0 \quad (69)$$

- Soma das composições (sólidos solúveis, sólidos insolúveis e água) para corrente 41:

$$x_{SS_{41}} + x_{SI_{41}} + x_{A_{41}} = 1 \quad (70)$$

- Balanço para Sólidos Solúveis:

$$x_{SS_{28^*}} F_{28^*} + x_{SS_{40}} F_{40} - x_{SS_{41}} F_{41} - x_{SS_{42}} F_{42} = 0 \quad (71)$$

- Soma das composições (sólidos solúveis, sólidos insolúveis e água) para corrente 42:

$$x_{SS_{42}} + x_{SI_{42}} + x_{A_{42}} = 1 \quad (72)$$

#### 5.2.3.5.2 Balanço de Energia

- Balanço de Energia global:

$$F_{28^*} \cdot h_{28^*} + F_{40} \cdot h_{40} - F_{41} \cdot h_{41} - F_{42} \cdot h_{42} = 0 \quad (73)$$

Todos os valores encontrados por meio do balanço de massa e energia estão dispostos na Tabela 11.

Tabela 11 – Dados das correntes 28\*, 40, 41 e 41 para o processo de extração no extrator 5

Corrente	Temperatura (°C)	Vazão Mássica (t.h <sup>-1</sup> )	Sólidos		Água (A) (%)
			Solúveis (SS) (%)	Sólidos Insolúveis (SI) (%)	
28*	25	1,0000	26,00	70,50	3,50
40	126	6,2499	14,47	2,11	83,42
41	125	1,4118	2,40	47,60	50,00
42	110	5,8381	19,37	2,82	77,81

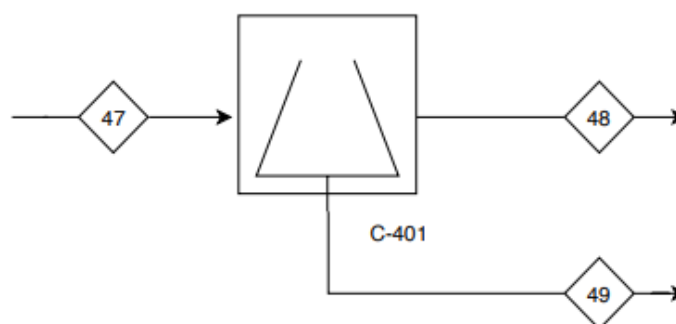
Fonte: Aatoria Própria (2018).

#### 5.2.4 Centrifugação

Para a Cia. Iguaçu (2018), a etapa de centrifugação é utilizada para remoção de sólidos insolúveis (SI), ou seja, aquelas partículas de borra não retidas nos filtros da extração.

A etapa de centrifugação é demonstrada na Figura 25.

Figura 25 – Processo de centrifugação



Fonte: Aatoria Própria (2018).

Em posse dessas informações, para o processo da *Acoffee* será considerado que a porcentagem de sólidos insolúveis ao final da operação de centrifugação será nula. Além disso, a empresa considerará que após a centrifugação, a corrente 49 terá 20% (m/m) de SS e que a porcentagem de SI na Corrente 47, resultante da extração, é equivalente a 2,82%. Já a corrente 48 será composta por 80% (m/m) de insolúveis e 20% (m/m) de água. O balanço de massa para o processo de centrifugação será:

- Balanço de Massa Global:

$$F_{47} - F_{48} - F_{49} = 0 \quad (74)$$

- Balanço de Massa para Sólidos Solúveis:

$$x_{SS_{47}}F_{47} - x_{SS_{49}}F_{49} = 0 \quad (75)$$

- Balanço de Massa para Água:

$$x_{A_{47}}F_{47} - x_{A_{48}}F_{48} - x_{A_{49}}F_{49} = 0 \quad (76)$$

- Somatório das Composições (sólidos solúveis, sólidos insolúveis e água) para corrente 47:

$$x_{SS_{47}} + x_{SI_{47}} + x_{A_{47}} = 1 \quad (77)$$

Os resultados obtidos do balanço de massa estão apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 – Composições e vazões das correntes das correntes 47, 48 e 49 para o processo de centrifugação

Corrente	Vazão Mássica (t.h <sup>-1</sup> )	Sólidos Solúveis (SS) (%)	Sólidos Insolúveis (SI) (%)	Água (A) (%)
47	5,8381	19,37	2,82	77,81
48	0,2043	-	80,00	20,00
49	5,6338	20,00	-	80,00

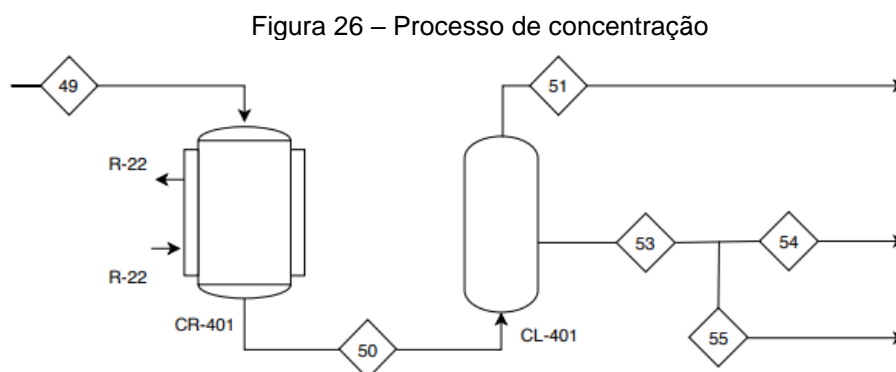
Fonte: Autoria Própria (2018).

### 5.2.5 Concentração

Existem três tipos de técnicas de crioconcentração e estas variam de acordo com o crescimento de cristais: suspensão FC, filme FC (FC progressivo ou descendente) e bloco FC (total ou parcial). (SÁNCHEZ *et al.*, 2009). Por meio de pesquisa, notou-se que atualmente as indústrias de café solúvel utilizam a técnica de suspensão FC, por esse motivo a *Acoffee* determinou que fará uso da mesma técnica. A suspensão FC foi desenvolvida pela *Niro Process Technology B.V.*, e pode ser dividida em três etapas: a cristalização, amadurecimento e separação dos cristais de gelo. Primeiramente, a solução entra em um trocador

de calor do tipo raspado (trocador casco e tubo que possui uma superfície de raspagem, de modo a retirar as incrustações que se depositam nas paredes do equipamento) onde pequenos cristais são formados e usados para formação de uma suspensão. Em seguida, na fase de maturação esses cristais crescem, sendo finalmente separados por meio de uma coluna de filtração e lavagem (MORENO, 2014).

O processo de concentração é apresentado na Figura 26.



Fonte: Autoria Própria (2018).

De acordo com Hua *et al.* (2010), o extrato proveniente do processo de concentração deve conter no mínimo 40% em sólidos solúveis. Já para Trugo *et al* (2003), o extrato concentrado deve deixar o concentrador com 60% m/m em SS, para posterior processo de secagem *spray-drying*. Levando em consideração as informações citadas, e assumindo que para ambos processos (*freeze-drying* e *spray-drying*), a porcentagem de sólidos solúveis do extrato concentrado é a mesma, considerou-se que a concentração de SS (corrente 53) para o processo *freeze drying* será de 60% m/m.

Para o balanço de massa, o processo de concentração será analisado de uma maneira geral, de forma que somente será considerada a corrente de entrada 49 e as de saída 51 e 53.

A corrente 53 é subdividida em outras 2 correntes (54 e 55), de mesma composição em sólidos solúveis. Porém, a vazão mássica da corrente 55 é equivalente a 70% da vazão mássica da corrente 53. Isso se dá uma vez que 70% do extrato concentrado será destinado a produção de café solúvel, enquanto 30% será destinado ao extrato concentrado envasado. A corrente 49



é resultado da centrifugação, contendo 20% (m/m) de sólidos solúveis. Portanto, a corrente 54 pode ser definida como:

$$F_{54} = 0,30F_{53} \quad (78)$$

Enquanto a corrente 55 é definida por:

$$F_{55} = 0,70F_{53} \quad (79)$$

Logo, em posse dos dados citados acima e das equações 77 e 78, o balanço de massa pode ser efetuado para o processo de concentração, e os valores das vazões e frações de cada corrente são apresentados na Tabela 13.

- Balanço de Massa Global:

$$F_{49} - F_{51} - F_{53} = 0 \quad (80)$$

- Balanço de massa para sólidos solúveis :

$$x_{SS_{49}}F_{49} - x_{SS_{53}}F_{53} = 0 \quad (81)$$

Tabela 13 – Composições e vazões das correntes das correntes 49, 51, 53, 54 e 55 para o processo de concentração

Corrente	Vazão Mássica (t.h <sup>-1</sup> )	Sólidos Solúveis (SS) (%)	Água (A) (%)
49	5,6338	20,00	80,00
51	3,7559	-	100,00
53	1,8779	60,00	40,00
54	0,5634	60,00	40,00
55	1,3145	60,00	40,00

Fonte: Aatoria Própria (2018).

Em posse do balanço de massa pode-se efetuar o balanço de energia para o processo de concentração, sendo esse subdivido em cristalização e separação por coluna de lavagem.

#### 5.2.5.1 Cristalização

O cristalizador é projetado de maneira que sua capacidade volumétrica seja relativamente alta para a transferência de calor (refrigeração). Os cristais

dessa etapa são gerados por meio do emprego de uma taxa de alimentação lenta (6 a 21 quartos por minuto), fazendo assim com que a relação de troca de calor do refrigerante com o material carregado seja mantida a temperatura de ponto do gelo ou abaixo dele, variando entre  $-2^{\circ}\text{C}$  e  $-7^{\circ}\text{C}$  (DWYER, 1972). Além disso, de acordo com a Cia. Iguazu (2018), o cristizador pode operar a uma temperatura de aproximadamente  $-5^{\circ}\text{C}$ . Portanto, levando em consideração as informações fornecidas, a determina-se que o cristizador operará a uma temperatura de  $-5^{\circ}\text{C}$ , fazendo com que o extrato final atinja essa mesma temperatura ( $-5^{\circ}\text{C}$ ) (corrente 50).

De maneira a manter a temperatura do processo em  $-5^{\circ}\text{C}$ , será utilizado o Refrigerante Freon, também conhecido como R-22. Em relação a sua temperatura, esse entrará no processo a  $-15^{\circ}\text{C}$  e o deixará a  $-5^{\circ}\text{C}$ , considerando que o equilíbrio térmico é atingido.

Em posse dessas informações e de que o extrato entra no processo de cristalização pela corrente 49 a  $5^{\circ}\text{C}$ , e de que o calor específico para água é de  $4,226 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{C}^{-1}$  (ALMEIDA, 2012) por meio das equações dispostas abaixo, pode-se determinar a quantidade de calor liberada pelo mesmo, para que haja a formação dos cristais, e a vazão mássica do refrigerante.

- Balanço de Energia global:

$$Q_{TC} - Q_{49} = 0 \quad (82)$$

- Balanço de Energia para o extrato:

$$Q_{EC} = F_{49}Cp_{49}(T_{50} - T_{49}) \quad (83)$$

- Balanço de Energia no trocador de calor:

$$Q_{TC} = M_{TCF} \cdot (h_f - h_i) \quad (84)$$

Portanto, para que haja a formação dos cristais de gelo é necessário que a manta que envolve o cristizador absorva  $2,00 \cdot 10^5 \text{ kJ.h}^{-1}$  liberado pelo extrato. Desse modo, são necessários  $0,9080 \text{ t.h}^{-1}$  de Freon considerando-se que o mesmo deixa o processo como vapor saturado.

### 5.2.5.2 Coluna de Lavagem

Na separação na coluna de lavagem, os cristais entram na coluna em equilíbrio com o licor mãe, apresentando então a mesma temperatura.

Esta pode ser definida como sendo a área onde os cristais estão cercados pelo produto puro. Nela, os cristais de gelo formados estão em equilíbrio com o líquido de lavagem que os envolve, e a temperatura de equilíbrio equivale à temperatura de fusão da água pura (0°C) (BARRAGUER, 2015).

De acordo com Iarc (1991), o extrato é retirado do processo a uma temperatura de 4°C - 5°C. Para Clarke (2001), o extrato concentrado líquido pode ser comercializado com armazenamento a temperaturas inferiores a 5°C, recomendado por não mais que um mês.

Por esse motivo a *Acoffee* determina que seu extrato (corrente 53), obtido na etapa de concentração, deixará o processo com uma temperatura de 5°C, sendo então encaminhado para o processo de congelamento (liofilização) e também para armazenagem, seguido de exportação. Além disso, a mesma considerará que o extrato entra na coluna de lavagem nas mesmas condições em que deixa a cristalização. Portanto, o balanço de energia pode ser dado por:

- Balanço de Energia para água:

$$Q_A + F_{51}Cp\Delta T = 0 \quad (85)$$

- Balanço de Energia para extrato:

$$Q_E + F_{53}Cp\Delta T = 0 \quad (86)$$

Os resultados obtidos do balanço de energia para a coluna de lavagem estão dispostos na Tabela 14.

Tabela 14 – Valores dos calores para a coluna de lavagem

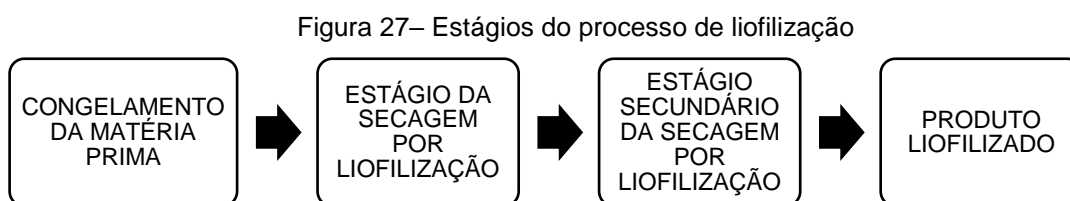
Corrente	Q (kJ.h <sup>-1</sup> )
51	7,9362.10 <sup>4</sup>
53	6,6667.10 <sup>4</sup>

Fonte: Autoria Própria (2018).

### 5.2.6 Liofilização

A liofilização pode ser definida como sendo um processo de secagem, na qual o produto final oferecido é de alta qualidade, uma vez que a umidade contida no material é retirada por meio do congelamento da parte líquida, seguida da sublimação da mesma (MARQUES, 2008).

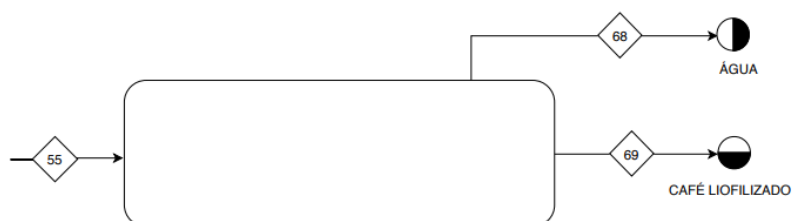
Os estágios fundamentais envolvidos no processo de liofilização são o congelamento, estágio de secagem primário onde a água congelada é removida por sublimação e por fim, a secagem secundária, na qual há a remoção da umidade sublimada (KOROISHI, 2005). A Figura 27 apresenta um diagrama de bloco dos estágios.



Fonte: Adaptação KOROISHI (2005).

Levando em consideração todos os estágios necessários para realização do processo, pode-se determinar que o balanço de massa acontecerá de maneira genérica, ou seja, todos os estágios serão analisados em um único balanço de massa. A Figura 28 apresenta o sistema de liofilização global.

Figura 28 – Processo *freeze-drying* genérico



Fonte: Aatoria Própria (2018).

A corrente 55 é proveniente da etapa de concentração, a 68 é resultante da sublimação da água do café solúvel, enquanto a corrente 69 é composta pelo café liofilizado.

As frações da corrente 69 podem ser determinadas levando em consideração dados literários. A Cia. Iguaçu, localizada no norte pioneiro do

Paraná, fornece que seu produto final possui 4% de umidade; Brugos e Streit (2000) relatam que o café solúvel deve apresentar 3% de umidade m/m; já a Portaria nº 130, de 19 fevereiro de 1999 (BRASIL,1999) estabelece que a umidade permitida no produto final é de no máximo 5% m/m. Portanto a *Acoffee*, baseada nessas informações, definiu que a umidade de seu produto final (café solúvel) será de 4% m/m, sendo necessário somente a determinação da vazão da corrente 67, uma vez que a produção da indústria será de 0,82 t.h<sup>-1</sup> de café solúvel.

Desse modo, o balanço de massa para o processo de liofilização pode ser dado por:

- Balanço de Massa Global:

$$F_{55} - F_{68} - F_{69} = 0 \quad (87)$$

- Balanço de Massa para Sólidos Solúveis:

$$x_{SS55}F_{55} - x_{SS69}F_{69} = 0 \quad (88)$$

Todos os dados, de todas as correntes são apresentadas na Tabela 15.

Tabela 15 – Composições e vazões das correntes das correntes 55, 67 e 68 para o processo de liofilização

Corrente	Vazão Mássica (t.h <sup>-1</sup> )	Sólidos Solúveis (SS) (%)	Água (A) (%)
55	1,3150	60,00	40,00
68	0,4930	-	100,00
69	0,8220	96,00	4,00

Fonte: Autoria Própria (2018).

Já o balanço de energia do processo, diferentemente do balanço de massa, será realizado em três estágios: congelamento, secagem e condensação.

A instalação de um liofilizador em uma indústria de café solúvel vai muito além do próprio processo de secagem. Para que o processo seja completo, faz-se necessário um congelamento inicial do extrato com o uso de um cinturão de congelamento ou tambores de congelamento; as placas formadas durante o processo de solidificação precisam ser granuladas na própria condição

congelada e carregadas nas bandejas. O sistema de refrigeração (amônia líquida a aproximadamente  $-45^{\circ}\text{C}$ ) e o sistema de vácuo são itens importantes para a câmara de secagem (CLARKE; MACRAE, 1987).

Para que o extrato seja congelado a  $-24^{\circ}\text{C}$ , como uma pressão de vapor do gelo equivalente a 73 Pa, faz-se necessário uma pressão de vácuo igual a 0,33 mmHg, correspondendo a uma temperatura de gelo igual a  $-30^{\circ}\text{C}$ . Para que um fluxo de vapor de água seja mantido para os condensadores, é necessário que a pressão e a temperatura no condensador sejam inferiores em relação às câmaras de congelamento e secagem, por volta de 0,03 mmHg e  $-50^{\circ}\text{C}$  respectivamente (CLARKE; MACRAE, 1987). Portanto, levando em consideração as informações citadas acima, determinou-se que o processo de congelamento e a câmara de secagem serão mantidos a temperatura de  $-30^{\circ}\text{C}$  e pressão de 0,33 mmHg (43 Pa), enquanto o condensador operará a 0,03 mmHg (3 Pa) e  $-50^{\circ}\text{C}$ . Essas temperaturas e pressões serão fornecidas por meio de bombas e gás refrigerante.

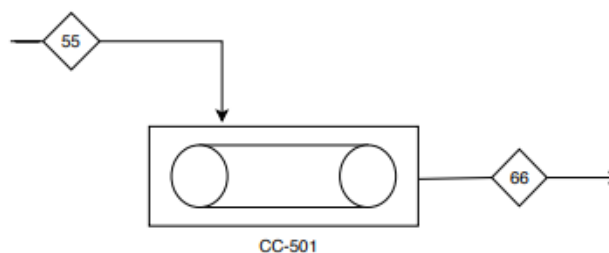
O gás refrigerante utilizado durante todo o processo de liofilização será a amônia. Esta escolha se deu, uma vez, que a amônia é um gás refrigerante ecológico (não prejudicial a camada de ozônio), que possui alta eficiência energética e melhor transferência de calor. Além disso, possui custo inferior em comparação aos demais refrigerantes e requer tubulações de menor diâmetro, gerando assim economia para a indústria neste setor (DANFOSS, 2018).

As entalpias e calores específicos do gás refrigerante e da água utilizados para elaboração do balanço de energia, são apresentados no ANEXO B. O calor específico médio do extrato arbitrado, por sua vez, é  $3,55 \text{ kJ/kg}^{\circ}\text{C}$  (Cia. Iguaçu, 2018).

#### 5.2.6.1 Etapa de congelamento

A etapa de congelamento é demonstrada pela Figura 29.

Figura 29 - Câmara de congelamento(CG)



Fonte: Autoria própria (2018).

Nessa etapa, o extrato (corrente 55), proveniente do processo de crioconcentração, entra no processo a temperatura igual a 5°C. De acordo com a Cia. Iguaçu (2018) e Clarke e Macrae (1987), a amônia entra no processo com uma temperatura igual a -45°C; portanto a *Acoffee* assumirá que o refrigerante entrará no processo a tal temperatura.

A câmara de congelamento, como dito anteriormente, será mantida a uma temperatura de -30°C. Assumindo que o equilíbrio térmico seja atingido dentro da câmara, ambas as correntes de extrato e amônia deixarão o processo em uma temperatura igual a -30°C.

Deste modo, considerando que as vazões, calculadas por meio do balanço de massa, de extrato (corrente 55 e 66) são iguais, uma vez que na câmara de congelamento ocorre somente a mudança de fase do extrato, e que as vazões de amônia são as mesmas, pode-se realizar o balanço de energia para o processo de congelamento.

- Balanço de Energia para extrato:

$$Q_{E_{CG}} + F_{55} \cdot Cp \Delta T = 0 \quad (89)$$

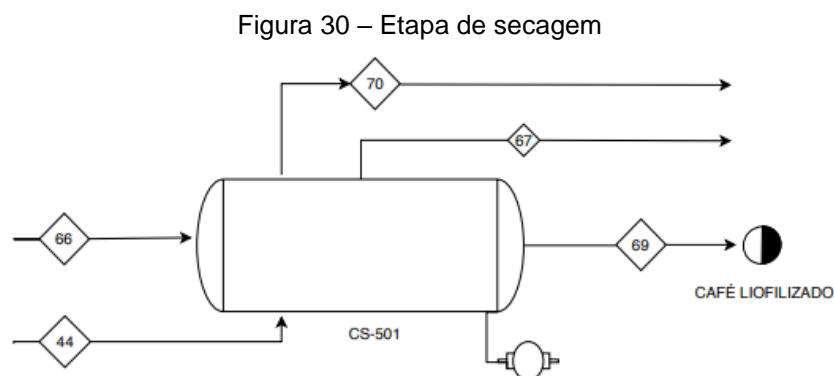
- Balanço de Energia para Amônia:

$$Q_{E_{CG}} + F_{NH_3} (h_f - h_i) = 0 \quad (90)$$

#### 5.2.6.2 Etapa de secagem

Após o congelamento, o extrato é granulado e encaminhado para a câmara de secagem, onde o produto é colocado e submetido ao vácuo. Então a

pressão na câmara é reduzida, de modo que a sublimação da água seja possível (MUJUMBAR, 1995). A Figura 30, representa a etapa de secagem.



Fonte: Autoria Própria (2018).

Analisando as correntes, tem-se que corrente 66 é proveniente do processo de congelamento, a corrente 67 é composta pela água sublimada, que será enviada para o condensador, e a corrente 69 pertence ao extrato liofilizado.

A eficiência da sublimação da água está diretamente relacionada a temperatura da amostra (DAY; STACEY, 2007)., sendo que esta é afetada por meio da temperaturas das prateleiras, que durante o processo podem atingir temperaturas acima de 0°C (ALMEIDA; RIBEIRO, 2012). Se nenhum tipo de calor for fornecido ao produto por alguma fonte de calor, o equilíbrio é atingido,

pois a pressão de vapor da água à temperatura do produto se iguala à pressão parcial do vapor de água na câmara de secagem, fazendo com que não ocorra a sublimação da água. Portanto, para que a sublimação seja contínua, um fonte de calor deve fornecer calor latente ao produto (MUJUMBAR, 1995).

O calor pode ser aplicado por vários meios, como aquecimento pelo ar ambiente, aquecimento sobre tabuleiros com circulação de um líquido quente no interior ou aquecimento por resistências elétricas (RODRIGO, 1968). Por meio de uma pesquisa, observou-se que as indústrias de café solúvel, em sua maioria, utilizam aquecimento sobre tabuleiros com circulação de um líquido quente, utilizando água quente como fluido. Baseado nessa informação, a *Acoffee* utilizará a mesma metodologia para o fornecimento de calor para as prateleiras da câmara de liofilização, na qual o calor será obtido por meio de radiação, sendo



que a água que circulará nas placas estará a uma temperatura de 155°C (Cia. Iguaçu, 2018). Por meio do balanço de energia o calor poderá ser calculado.

De acordo com a Cia. Iguaçu (2018) a temperatura de saída do café solúvel é de 35°C. Portanto, levando em consideração a presente informação, juntamente com as informações citadas anteriormente (câmara de congelamento) em relação ao gás refrigerante, as entalpias e o calor específico do extrato (3,55 kJ.kg<sup>-1</sup>.°C<sup>-1</sup>), bem como, em posse da entalpia de sublimação do gelo de 2839,2 kJ. kg<sup>-1</sup> (-30°C), o balanço de energia pode ser realizado.

- Balanço de Energia para água do extrato:

$$Q_A - 0,4F_{66}\lambda_{sub} = 0 \quad (91)$$

$$Q_A = 0,4F_{66}\lambda_{sub} \quad (92)$$

- Balanço de Energia para café no extrato:

$$Q_{Ca} + 0,6F_{66}Cp \Delta T = 0 \quad (93)$$

- Balanço de Energia Global:

$$Q_A + Q_{Ca} + Q_{Aq} = 0 \quad (94)$$

Os dados obtidos para o balanço de energia, tanto para câmara de congelamento quanto para etapa de secagem, são apresentados na Tabela 16.

Tabela 16 – Balanço de Massa e Energia para o processo de Liofilização

	Componente	Vazão Mássica (t.h <sup>-1</sup> )	Q.10 <sup>-5</sup> (kJ.h <sup>-1</sup> )
<b>Câmara de Congelamento</b>	Extrato	1,3145	-1,6333
	Amônia	2,4729	1,6333
	Água	0,5258	14,921
<b>Secagem</b>	Café	0,7887	1,8200
	Água – Placas	3,3028	-16,7491

Fonte: Autoria Própria (2018).

### 5.2.6.3 Condensador

O esquema do condensador pode ser demonstrado pela Figura 31.

Figura 31 – Condensador



Fonte: Autoria Própria (2018).

A condensação implica na utilização de baixas temperaturas, sendo que a temperatura de operação deve ser inferior à do produto congelado, para que assim haja a fixação do vapor de água no condensador. Levando em consideração as condições citadas anteriormente, a *Acoffee* determina que seu condensador, presente no liofilizador, terá as mesmas características citadas pela literatura.

Além disso, de acordo com a Cia. Iguçu (2018) o gás refrigerante utilizado no equipamento possui inicialmente uma temperatura de  $-54^{\circ}\text{C}$ . Considerando que o equilíbrio térmico é atingido, tem-se que as temperaturas de saída da amônia e do gelo serão de  $-50^{\circ}\text{C}$ . Além disso, as vazões de entrada e saída das correntes de água (correntes 67 e 68) e de amônia não se alteram. Sendo assim, por meio das vazões obtidas a partir do balanço de massa e das considerações arbitradas pode-se realizar o balanço de energia.

- Balanço de Energia para água:

$$Q_A + F_{67}Cp\Delta T = 0 \quad (95)$$

- Balanço de Energia para Amônia:

$$Q_A + F_{NH_3}(h_f - h_i) = 0 \quad (96)$$

Todos os dados, de todas as correntes são apresentadas na Tabela 17.

Tabela 17 – Balanço de Massa e Energia para o Condensador

$$Q_A = -4,1665 \cdot 10^4 \text{ kJ.h}^{-1}$$

Corrente	Vazão Mássica ( $\text{t.h}^{-1}$ )
67	0,4930
68	0,4930
Amônia	2,3931

Fonte: Autoria Própria (2018).

## 6 INTEGRAÇÃO ENERGÉTICA

Segundo Fernandes Júnior (2009), um processo industrial, em qualquer que seja o campo de atuação, deve ser eficiente o suficiente para gerar um produto que atenda a demanda de seu mercado, com um custo competitivo e sustentável ao longo do tempo. Assim sendo, o contínuo aumento dos custos de insumos energéticos, redução de disponibilidade dos combustíveis e aumentos das restrições ambientais à emissão de poluentes inerente à geração de energia têm justificado o investimento em projetos industriais que minimizem seu consumo energético (BENINCA, 2008).

A integração energética consiste na redução do consumo de utilidades exteriores ao processo aproveitando os excessos entálpicos de correntes (correntes quentes) para fornecer às correntes com deficiência de entalpia (correntes frias) (FERNANDES, 2012). Portanto, sabendo-se que no processo de produção da *Acoffee* a corrente de extrato deve ser resfriada após o processo de extração, que fluido de aquecimento que percorre as placas propiciando a sublimação na câmara de secagem deve atingir 155°C e que há disponibilidade de água a baixa temperatura devido à crioconcentração, a fim de reduzir os custos vinculados a utilidades e reduzir a liberação de efluentes realizou-se a integração energética.

Nas Tabela 18 e 19 são apresentados dados das correntes utilizadas para tais cálculos, sendo que os calores específicos presentes na Tabela 19 foram baseados nos dados fornecidos pela Cia. Iguaçu (2018).

Tabela 18 – Temperaturas das correntes integradas

Corrente	T <sub>Inicial</sub> (°C)	T <sub>final</sub> (°C)	ΔT(°C)
Extrato	110	5	-105
Crioconcentrador	0	25	25
Liofilizador	25	155	130

Fonte: Autoria própria (2018).

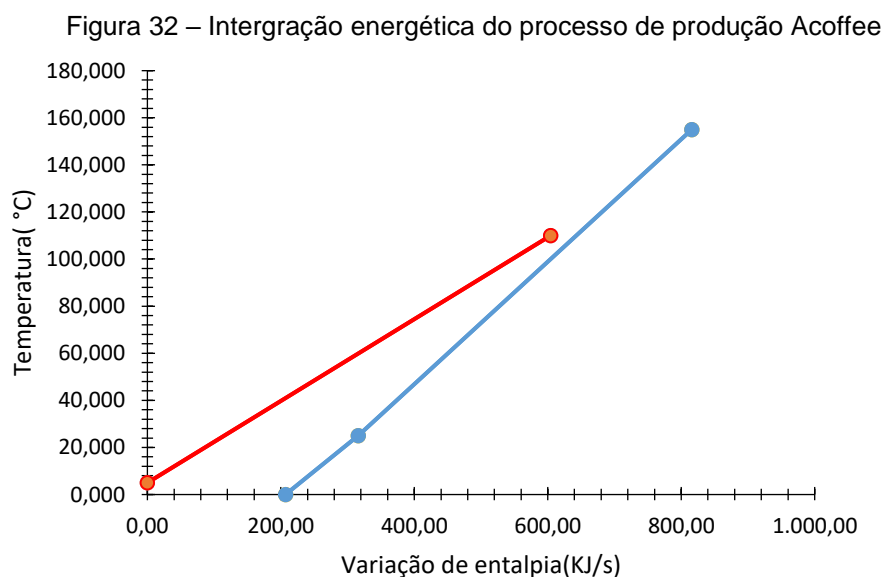
Tabela 19 – Dados das correntes quentes e frias

Corrente	Cp (kJ.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> )	Vazão (kg.s <sup>-1</sup> )	Cp (kJ.K <sup>-1</sup> .s <sup>-1</sup> )	Q (kJ.s <sup>-1</sup> )
Extrato	3,55	1,6217	5,7571	--604,492
Crioconcentrador	4,19	1,0433	4,3714	109,285
Liofilizador	4,19	0,9174	3,8441	499,731

Fonte: Autoria própria (2018).

Agrupando as correntes frias e admitindo-se uma mínima diferença de temperatura ( $\Delta T_{\min}$ ) de 10 °C entre as correntes quente e fria que troquem calor entre si, ao realizar-se um diagrama de cascata (Apêndice B), pode-se determinar a partir da integração que para as correntes atingirem as temperaturas desejadas é necessário que as utilidades quentes liberem e as frias absorvam respectivamente, 211,425 kJ.s<sup>-1</sup> e 206,900 kJ.s<sup>-1</sup>.

A Figura 32 apresenta a representação das correntes integradas.



Fonte: Autoria própria (2018).

Por meio da integração energética representada na Figura 32, pode-se verificar que a implantação da mesma implicaria na adição de dois trocadores de calor, juntamente com um sistema de aquecimento e um de resfriamento. A viabilidade econômica da utilização da rede de trocadores pode ser verificada por meio da Tabela 20, que apresenta a redução de utilidades em relação ao processo isento de integração.

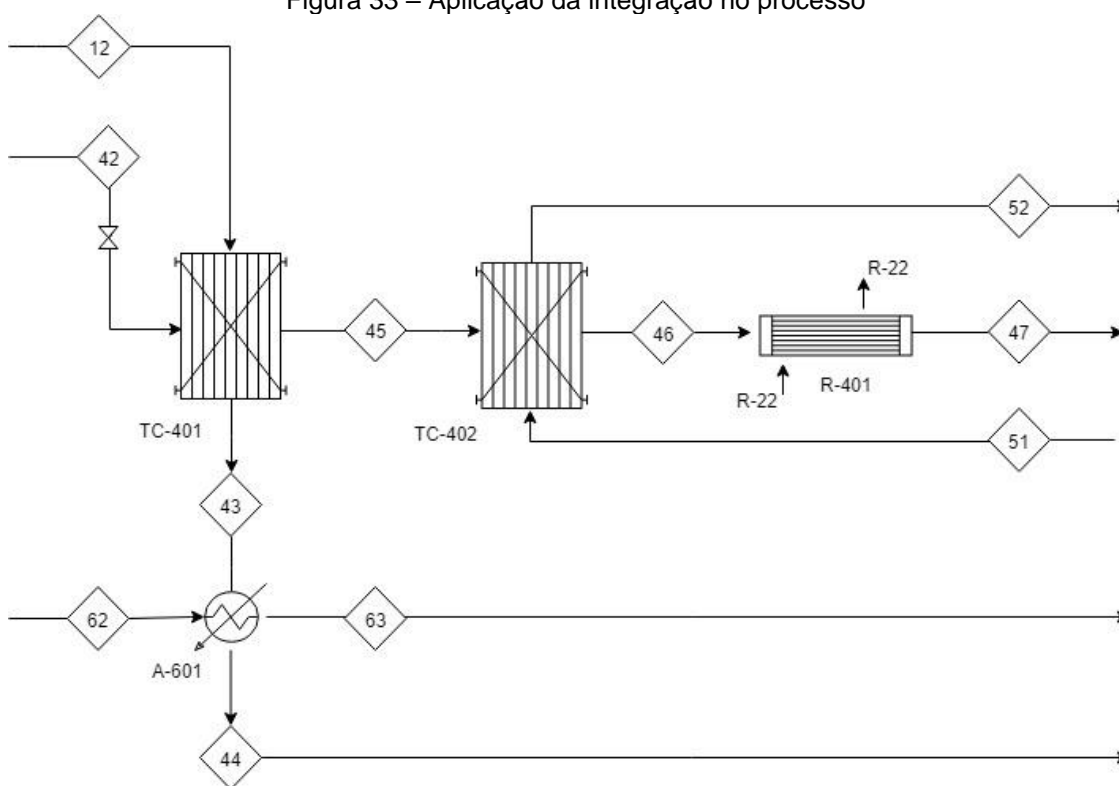
Tabela 20 – Integração energética do processo de produção Acoffee

	Sem integração energética (kJ.s <sup>-1</sup> )	Com integração energética (kJ.s <sup>-1</sup> )	Redução(%)
Utilidade quente	609,016	211,425	65,284
Utilidade fria	604,492	206,900	65,773

Fonte: Autoria própria (2018).

Tendo em vista, que a aplicação do sistema de integração ocasionaria uma elevada redução na demanda de utilidades, optou-se pela implantação do mesmo. A Figura 33 apresenta o sistema de integração.

Figura 33 – Aplicação da integração no processo



Fonte: Autoria própria (2018).

A corrente 42 resultante do processo de extração, inicialmente troca calor com uma corrente de água adicionada ao processo (corrente 12), em sequência tem-se a troca térmica da mesma com o fluido resultante da etapa de crioconcentração (corrente 51), sendo essa completamente resfriada (5°C) por meio do emprego do refrigerante R-22. A composição e propriedades de cada corrente são apresentadas no Apêndice B.

De acordo com Bermo (2018), trocadores de calor do tipo placas proporcionam uma grande capacidade de intercâmbio de calor em um reduzido

espaço físico, desse modo fez-se a escolha desse modelo. Quanto ao resfriador, optou-se por um trocador bitubular. As áreas de troca térmica dos equipamentos utilizados foram obtidas por meio dos cálculos expostos no Apêndice D e são apresentados no dimensionamento (página 114).

## 7 TRATAMENTO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS

As cobranças em relação a uma postura de comprometimento com o meio ambiente tem se tornado cada vez mais perceptíveis na indústria. Essa exigência é proveniente dos órgãos reguladores e fiscalizadores, organizações não governamentais, entidades financiadoras e dos próprios consumidores. Esse cenário faz com que as empresas procurem controlar a poluição e reduzir as taxas de efluentes gerando, conseqüentemente, a minimização dos impactos ambientais principalmente pela implementação de um sistema de gestão ambiental, segundo as normas internacionais da série ISO 14000 (NICOLELLA *et al.*, 2004).

O consumo de matéria-prima nos processos produtivos ocasiona a geração de alguns resíduos, sejam eles sólidos, líquidos ou gasosos, podendo prejudicar o meio ambiente, alterando sua qualidade (PULIDO; SHINTATE, 2011).

Na indústria de café solúvel observa-se a geração de resíduos sólidos, efluente líquidos e gasosos. Dentre esses, os principais resíduos gerados são os resíduos volatéis, que são liberados pelo sistema de exaustão do equipamento de torrefação, a borra, proveniente do processo de extração, e efluente líquidos, como a água, por exemplo, utilizada durante o processo e, também, no dia a dia da indústria.

Sabendo da geração de tais resíduos, a Indústria *Acoffee* exercendo sua responsabilidade ecológica, apresenta os possíveis métodos adotados para o tratamento de seus resíduos industriais.

### 7.1 Efluentes gasosos

As principais fontes de emissão de efluentes gasosos são as etapas de torrefação e de resfriamento. Nesses dois processos compostos voláteis e materiais particulados são lançados para a atmosfera, sendo necessária a utilização de novos processos ou equipamentos para que essas emissões sejam reguladas de acordo com os limites de emissão presentes nas legislações.

O CONAMA, por meio da Resolução nº 03/90 (amostragem ambiental), Resolução nº 382/06 (amostragem em dutos) e Resolução nº 436/11, estabelece

os limites de emissão de gases na atmosfera. Essas resoluções dispõem sobre os padrões de qualidade do ar e sobre os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas (CONAMA 1990; CONAMA, 2006; CONAMA 2011).

Na Resolução CONAMA nº382/06, os incisos I e II trazem que o uso do limite de emissões é um dos instrumentos de controle ambiental. Sua aplicação deve estar associada a critérios de capacidade de suporte do meio ambiente. Além disso, traz que os limites de emissão devem ter como base tecnologias ambientalmente adequadas, abrangendo todas as fases, desde a concepção, instalação e funcionamento (CONAMA, 2006)

Portanto, para que o controle de emissão de gases seja alcançado na indústria, optou-se por um torrador que possui um mecanismo de controle de temperatura que minimiza a carbonização dos grãos, reduzindo assim a emissão de poluentes, e uma caldeira acoplada a um sistema de multiciclones. Além disso, a metodologia de recirculação de água na caldeira será utilizada uma vez que além proporcionar a diminuição de gases na atmosfera, também gerará a diminuição de consumo de biomassa.

## **7.2 Efluentes líquidos**

A preservação da água é muito importante, uma vez que esta é um elemento fundamental para a sobrevivência da espécie humana. A escassez dos recursos naturais faz com que o setor industrial busque alternativas visando a redução dos impactos ambientais potenciais (NASCIMENTO, 2014).

Os efluentes gerados durante o processamento do café solúvel possuem uma carga orgânica muito alta, consequência da higienização de tanques e linhas de extrato de café nos processos de extração, concentração e secagem (FRASSON, 2011).

As estações de tratamento de efluentes de indústrias de café solúvel variam muito no Brasil, pois dependem da configuração da empresa, dos produtos produzidos (café solúvel *spray-dryied*, liofilizado, aglomerado ou mistura com café) e os tipos de equipamentos utilizados no processo produtivo. Porém, de todos os processos conhecidos, o mais utilizado é o tratamento biológico, seja por aeração prolongada, lagoas aeróbias, processos anaeróbios



ou mistos (anaeróbio e aeróbio), no qual todos estes processos são geradores de lodos em maior ou menor intensidade (FRASSON, 2011).

O tratamento de efluentes líquidos tem como finalidade a proteção dos mananciais de água, além de satisfazer as necessidades da geração atual não comprometendo o cenário futuro, de forma a promover o desenvolvimento sustentável (NASCIMENTO, 2014).

Para a emissão de efluentes líquidos, o CONAMA criou a Resolução nº430/11, que regulamenta e define condições, parâmetros padrões e diretrizes para gestão de lançamento de efluentes em corpos de água receptores (CONAMA, 2011).

Pensando em tudo isso, a Indústria *Acoffee* de Café Solúvel utilizará a água proveniente do condensador e do trocador de calor TC-402 para abastecimento de banheiros e limpeza, e posteriormente realizará um processo de tratamento biológico por aeração prolongada seguido de um tratamento terciário utilizando um flotador.

A Tabela 21 apresenta a composição média do efluente de uma empresa, de maneira que a *Acoffee* utilizará dos dados presentes nessa. Além disso, a vazão de entrada de efluente na estação de tratamento da *Acoffee* é de  $15\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ .

Tabela 21 – Composição média do efluente de café solúvel

<b>Composição do Efluente</b>		
	<b>Entrada</b>	<b>Saída</b>
<b>DQO (mg/L)</b>	5700,00	128,00
<b>DBO (mg/L)</b>	2850,00	50,00
<b>pH</b>	11,50	6,20

Fonte: Adaptado de PALEARI (2014).

O tratamento biológico será realizado de maneira que o efluente final esteja de acordo com a Resolução CONAMA 430/11 (Tabela 22).

Tabela 22 – Condições e padrões para descarte de todos os efluentes – CONAMA 430/11

Propriedade	Características
DBO (mg/L)	120 ou redução de 60%
pH	De 5 a 9
Temperatura (°C)	<40, sem exceder uma variação de 3°C no limite da zona de mistura
Materiais sedimentáveis (mg/L)	Até 1
Materiais flutuantes	Ausente
Substâncias voláteis em hexano (mg/L)	Até 100

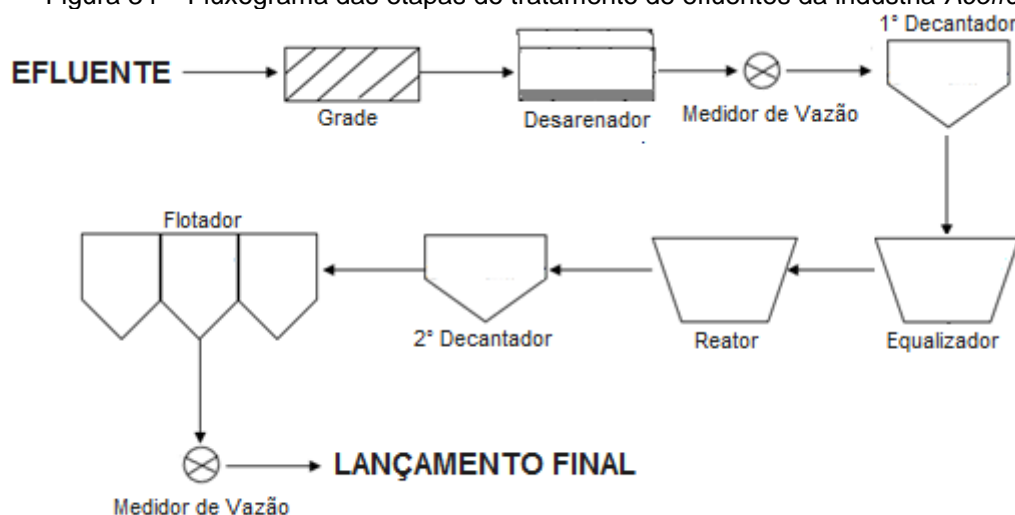
Fonte: Adaptado de CONAMA (2011).

Assumindo-se que as características da *Acoffee* estarão de acordo com a Tabela 21, pode-se verificar que a saída dos efluentes da empresa estará de acordo com os padrões.

### 7.2.1 Tratamento Biológico

O tratamento biológico empregado na *Acoffee* pode ser observado na Figura 34.

Figura 34 – Fluxograma das etapas do tratamento de efluentes da indústria *Acoffee*



Fonte: Autoria Própria (2018).

A Figura 34 pode ser dividida em três diferentes tratamentos: tratamento primário, secundário e terciário.

### 7.2.1.1 Tratamento primário

O principal objetivo do tratamento primário é a remoção de sólidos em suspensão sedimentáveis e sólidos flutuantes. Sendo a maioria desses sólidos em suspensão carga orgânica, nessa etapa, tem-se a característica de redução de carga orgânica (CESA, 2018). O tratamento primário engloba as etapas de gradeamento, desarenação, decantação primária e o equalizador.

O gradeamento possui como objetivo a remoção de sólidos grosseiros, que podem ou não causar o entupimento nas unidades do sistema de tratamento. Geralmente, o espaçamento entre as barras de gradeamento variam de 0,5 cm a 2 cm (GIORDANO, 2004). De modo geral, a calha Parshall é um dispositivo onde as grades são fixadas e portanto ela também é responsável pela remoção dos sólidos grosseiros, além disso ela é um dispositivo tradicional para medição de vazão em canais abertos de líquidos fluindo por gravidade.

A desarenação é utilizada de modo a reter o material pesado que se deseja remover, liberando assim a matéria orgânica que, em um próximo processo será removida. O mesmo possui uma ponte giratória que passa pelo canal removendo a areia e a gordura (SIGMA, 2018).

Já na decantação primária, os sólidos em suspensão contidos nos esgotos que possuem maior densidade, sedimentam-se e depositam-se ao fundo do decantador, constituindo assim o lodo primário (CESA, 2018).

Por fim, o equalizador será responsável pela minimização do impacto causado pela variação da vazão, carga e pH para as etapas seguintes (etapas físico-químicas e biológicas). O equipamento promove uma mistura apropriada, com homogeneização da carga, estabilizam o pH e equalizam a vazão (AgE, 2018).

### 7.2.1.2 Tratamento secundário

As etapas pertencentes ao reator, que se referem à aeração prolongada e à decantação secundária, representam o tratamento secundário. O reator biológico funcionará como uma lagoa, sendo este aerado e tendo como função a degradação da matéria orgânica do efluente (DIAS, 2013). Nesse processo ocorre o desenvolvimento de bactérias aeróbicas, de forma que estas irão

consumir a matéria orgânica carbonácea e farão a nitrificação do nitrogênio orgânico total remanescente do afluente bruto (NASCIMENTO, 2014).

Após o reator, tem-se o decantador secundário que consiste em separar os lodos ativados do esgoto já tratado. A separação se dá por meio da ação da gravidade, que proporciona a divisão do lodo em duas partes, sendo marcada pelo retorno de uma parte desse aos reatores biológicos para o controle e equilíbrio do processo de tratamento (SESAMM, 2018). A outra parte do lodo será destinada a aterros sanitários.

### 7.2.1.3 Tratamento terciário

A finalização do processo se dá com a flotação. A flotação é um processo que é composto por três fases: líquida, sólida e gasosa. Basicamente, essa é uma técnica utilizada para separar partículas sólidas ou líquidas presentes em uma solução líquida (VENTURI *et al*; 2011). Esse processo se faz necessário, uma vez que há a necessidade de retirada do tanino presente no efluente. São adicionados no flotador ácido sulfúrico para que haja a correção do pH, polímeros para se tenha a floculação, e por fim  $\text{FeCl}_3$  (cloreto férrico) para a coagulação (NASCIMENTO, 2014). Após o efluente tratado este será descartado em um corpo d'água.

### 7.2.2 Dimensionamento

Por meio das características de entrada do efluente da empresa dispostas na Tabela 21, pode-se realizar o dimensionamento dos equipamentos utilizados no tratamento dos mesmos. Os cálculos para o volume e área estão disponíveis no APÊNDICE C, e os resultados apresentados na Tabela 23, seguindo as Figuras dos mesmos, nas quais pode-se visualizar as características como comprimento, largura, altura e diâmetro.

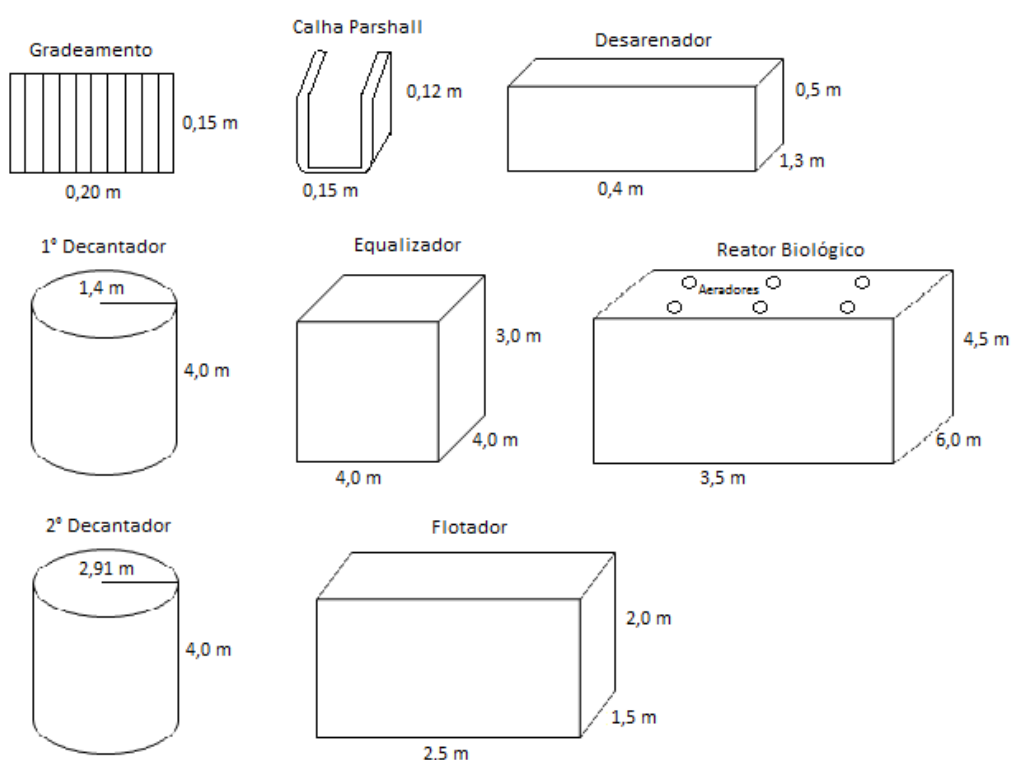
Tabela 23 – Dimensionamento ETE – volume

Equipamento	Quantidade	Volume (m <sup>3</sup> )
Grades	10	-
Calha Parshall	1	-
Desarenador	1	-
1º Decantador	1	24,60
Equalizador	1	45,00
Reator	1	92,50
2º Decantador	2	106,67
Flotador	1	7,50

Fonte: Autoria Própria (2018).

A representação de todos os equipamentos utilizados na ETE, são apresentados na Figura 35.

Figura 35 – Equipamentos da ETE



Fonte: Autoria própria (2018)

### 7.3 Resíduos sólidos

De acordo com a Resolução nº 313, de 29 de outubro de 2002, do CONAMA, um resíduo sólido industrial pode ser definido como sendo qualquer

resíduo resultante de atividades industriais, encontrado nos estados sólidos, semi-sólidos, gasoso (quando contido) e líquido (quando seu lançamento na rede pública de esgoto ou em corpos d'água seja inviável ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível) (CONAMA, 2002).

Por meio do processo de produção de café solúvel, tem-se a obtenção de um resíduo denominado borra.

### 7.3.1 Borra

A borra de café é um subproduto gerado nas indústrias de café solúvel, na etapa extração de sólidos solúveis. A borra possui ainda, aproximadamente 20% de óleo em sua composição e baixo custo por ser tratar de um subproduto com pouco uso no mercado atual. Entretanto, é uma matéria-prima viável para extração de ácidos graxos que podem ser utilizados para diversas aplicações, tais como, produção de biodiesel, rações (fonte de gorduras), obtenção de lipídeos, entre outros (adaptado FREITAS; MONTEIRO; LAGO, 2000).

De acordo com o Centro de Pesquisa em Energia Elétrica – CEPEL (2000), na indústria de café solúvel, para cada tonelada produzida, são geradas 4,5 toneladas de borra, com teor de umidade de 80% (b.u). Este montante pode suprir entre 60% e 80% da demanda de combustível da empresa de café solúvel que lhe dá origem.

Para tal destino, no entanto, é necessário a redução da umidade da borra pois a borra úmida gera uma grande quantidade de vapor, o que implica em maiores custos operacionais (necessidade de complemento de combustível) e maior tamanho da câmara, devido ao volume de vapor d'água, ou seja, a umidade reduz o poder calorífico da borra. A secagem pode ser realizada por secadores do tipo rotativo, leito fluidizado ou pneumático, incluindo uma etapa de eliminação prévia de água, por prensagem ou peneiras vibratórias. Em algumas plantas industriais a borra é somente prensada, sendo posteriormente utilizada como combustível para as caldeiras (VIOTTO, 1991).

Segundo Nogueira e Flores (1978), para que seja utilizado como combustível, o material deve apresentar uma umidade de 15% - 25% para que não haja pré-ignição espontânea. Desse modo, a *Acoffee*, visando reduzir gastos

energéticos e diminuir resíduos industriais, utilizará prensas com elevada eficiência para redução da umidade da borra gerada a um teor de umidade de 25%, possibilitando assim seu emprego como uma das matérias-primas para obtenção de energia na caldeira.

Supondo que 5% dos sólidos solúveis são eliminados durante a prensagem, a Tabela 24 apresenta as vazões obtidas por meio de um balanço de massa para essa etapa.

Tabela 24 – Composições e vazões das correntes 56, 57 e 58 para a prensagem

<b>Corrente</b>	<b>Vazão Mássica (t/h)</b>	<b>Sólidos Solúveis (SS) (%)</b>	<b>Sólidos Insolúveis(SI)(%)</b>	<b>Água (A) (%)</b>
56	7,0590	2,400	47,60	50,00
57	2,7150	5,00	5,00	90,00
58	4,3440	0,78	74,22	25,00

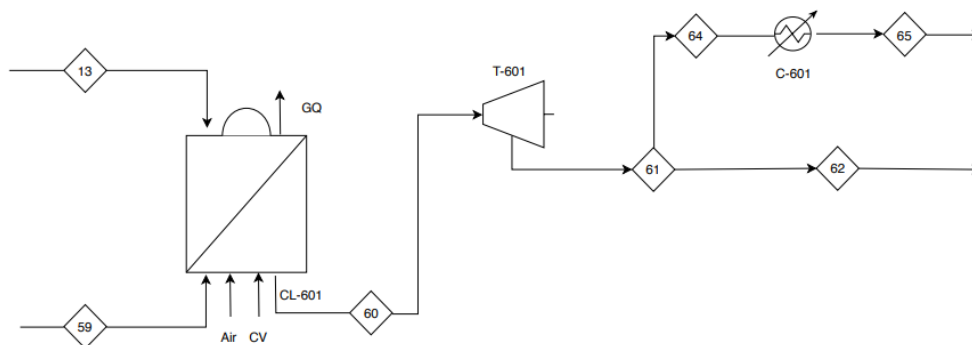
Fonte: Autoria própria, 2018.

## 8 CALDEIRA

A partir dos balanços de massa e energia realizados previamente, pode-se verificar que durante todo processo são necessários  $8,2599 \text{ t.h}^{-1}$  de vapor, sendo  $7,8971 \text{ t.h}^{-1}$  a  $190^\circ\text{C}$  para a etapa de extração e o remanescente como utilidade quente. Afim de fornecer tal quantidade de vapor, a *Acoffee* utilizará a borra previamente prensada e cavaco de eucalipto como biomassa para geração de energia.

Visando obter líquido comprimido e vapor saturado nas condições de operação necessárias e a redução dos gastos da empresa, a *Acoffee* utilizará a queima de biomassa acoplada a um sistema de geração de energia, conforme representado na Figura 36. O vapor gerado deixará a caldeira a  $360^\circ\text{C}$ .

Figura 36 – Sistema de aquecimento



Fonte: Autoria própria (2018).

A caldeira utilizada no processo é uma caldeira ambitubular com capacidade de geração  $11 \text{ t.h}^{-1}$  e pressão de operação de 11 bar. A Figura 37 apresenta o modelo arbitrado.

Figura 37 – Caldeira LHC



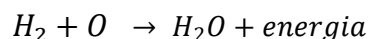
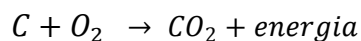
Fonte: Aalborg (2018a).



Assumindo que o poder calorífico inferior da borra e do cavaco são respectivamente,  $6569 \text{ kJ.kg}^{-1}$  e  $17991 \text{ kJ.kg}^{-1}$ , conforme apresentado por Allborg (2018b) e que durante a queima parte da energia gerada é dissipada devido a temperatura de saída dos gases de combustão e perdas relacionadas ao não isolamento completo da caldeira, a eficiência da caldeira estimada é de 70%.

Quanto aos gases de combustão e a composição do ar, admite-se que a temperatura de entrada do ar será de  $25^\circ\text{C}$ , enquanto a temperatura dos gases de saída será de  $350^\circ\text{C}$ ; já a composição do ar se dará em 79% de nitrogênio e 21% de oxigênio com 30% de excesso. A umidade absoluta segundo Viotto (1991) é igual  $0,01 \text{ Kg vapor/Kg de ar seco}$  na entrada da caldeira, sendo esse portanto, o valor base. A temperatura inicial da água adicionada ao processo, por sua vez, será de  $25^\circ\text{C}$ .

As reações que representam o processo de combustão podem ser dadas basicamente por:



Quanto a composição da biomassa, a borra apresenta variações em termos de carbono, hidrogênio e oxigênio, em função da variedade do café, solo, clima, etc (NOGUEIRA; FLORES, 1987). Para o presente trabalho, pode-se adotar percentuais médios de 56% para o carbono, 7% para hidrogênio e 37% para o oxigênio, de acordo com Viotto (1991). Já para o cavaco de eucalipto, a composição será de, aproximadamente, 49,23% de carbono, 6,28% de hidrogênio, 40,17% de oxigênio e 0,09% de nitrogênio (Castro *et al*, 2017).

Com base nos dados e na estequiometria da reação apresentados, pode-se realizar os balanços de massa e energia, conforme apresentado abaixo.

- Balanço de Energia Global:

$$Q_A = 0,7 \cdot Q_{\text{combustão}} \quad (97)$$

- Balanço de Energia para a água:

$$Q_A = F_1 \cdot Cp_A(T_{100} - T_{25}) + F_1 \cdot \lambda_v + F_1 \cdot Cp_V(T_{360} - T_{100}) \quad (98)$$

- Balanço de Energia para combustão da biomassa:

$$Q_{Cb} = M_B \cdot PI_B + M_{Cav} \cdot PI_{Cav} \quad (99)$$

- Balanço de Massa para o carbono:

$$F_C = x_{CB} \cdot F_B + x_{C_{Cav}} \cdot F_{Cav} \quad (100)$$

- Balanço de Massa para o ar:

$$F_{ar} = 1,3 \cdot F_{ar_N} \quad (101)$$

A Tabela 25 apresenta as vazões, calor gerado e demais dados das correntes.

Tabela 25 – Dados das correntes geradas

Corrente	Vazão Mássica (t.h <sup>-1</sup> )	Temperatura (°C)	Pressão (MPa)
13	8,2598	25	0,0032
60	8,2598	360	0,11
61	8,2598	204	1,70
62	0,3627	204	1,70
64	7,8971	204	1,70
65	7,8971	190	1,70

Fonte: Autoria própria (2018).

As correntes 59, 61 e 62 compreendem as vazões e condições necessárias das correntes de água para o processo de produção. Para tais condições, o calor absorvido pela água é  $4,417 \cdot 10^7$  kJ.h<sup>-1</sup> e o calor gerado pela combustão da biomassa é de  $6,311 \cdot 10^7$  kJ.h<sup>-1</sup>.

Levando em conta que toda borra (4,344 t.h<sup>-1</sup>) após a prensagem será queimada, são necessários 1,912 t.h<sup>-1</sup> de cavaco, bem como, 55,603 t.h<sup>-1</sup> de ar para a geração de energia.

Visto que, a biomassa queimada não possui em sua composição componentes sulfonado e assumindo-se que o processo de combustão é completo, os gases liberados passarão por um sistema de coleta de pó acoplado (multiciclones) e desse modo serão liberados 61,835 t.h<sup>-1</sup> no ambiente

obedecendo os limites de emissão estabelecidos pela Resolução nº 382, de 2006, do CONAMA (CONAMA, 2006).

Quanto à geração de energia, de acordo com a Tabela 25, são produzidos na caldeira  $8,2598 \text{ t.h}^{-1}$  de vapor (corrente 60). Esse, por sua vez, passará por uma turbina, de modo a se obter um vapor com temperatura próxima às requeridas no processo de extração (corrente 64) e no trocador de calor (corrente 62), além de produzir energia. Para que essas condições sejam atingidas, irá se considerar que a mesma operará em uma pressão de  $1,7 \text{ MPa}$  e que as composições das correntes 60 e 61 são equivalentes.

Por meio do balanço de energia, pode-se encontrar a potência produzida pela mesma. As entalpias utilizadas nos cálculos estão disponíveis no ANEXO B.

- Balanço de Energia

$$W + F_{61}H_{61} - F_{60}H_{60} = 0 \quad (102)$$

Portanto, o trabalho produzido pela turbina será de  $917,76 \text{ kWh}$ . De modo a reaproveitar a energia fornecida pela mesma, optou-se pela venda da mesma à companhia de energia elétrica de Linhares. Supondo que o valor a ser pago por kW de energia seja de R\$0,40, a empresa *Acoffee* terá um reembolso, de aproximadamente, R\$ 255.503,00 por mês, valor este que poderá ser descontado no custo mensal da empresa (página 131).

## 9 DIMENSIONAMENTO

Serão apresentados, a seguir, as dimensões dos equipamentos e utilidades utilizados durante o processo estabelecido pela *Acoffee*.

### 9.1 Equipamentos

#### 9.1.1 Café cru

No quadro 2, são apresentados as dimensões referentes aos equipamentos utilizados na seleção, armazenamento e transporte dos grãos de café cru. Dentre essas etapas, a pesagem é necessária a fim de manter-se o número de defeitos estabelecidos pelos compradores. Visto que esse fator se altera de acordo com cada demanda, nesse trabalho não será especificada o número de defeitos.

Quadro 2 – Dimensões e especificações dos equipamentos referentes ao café cru

Item	Material	Altura (m)	Largura (m)	Comprimento (m)
• Elevador de Canecas com motor elétrico 2,24 kW	Aço carbono	7,833	-	-
• Silo		4,000	2,500	2,500
• Elevador pneumático com balança e motor elétrico 5,59 kW		-	-	-
• Peneira 1,10 kW	Aço carbono	1,500	1,500	2,500

Fonte: Autoria própria (2018).

#### 9.1.2 Torrador

A Figura 38 ilustra o modelo de torrador escolhido pela empresa.

Figura 38 – Torrador modelo Smart



Fonte: Cia Lilla (2018).

As dimensões do equipamento são apresentadas no Quadro 3.

Quadro 3 – Dimensões do torrador

Item	Material	Altura (m)	Largura (m)	Comprimento (m)
Torrador(1,16MW) -Moega para café cru -Queimador -Fornalha -Sistema de automação -Coletor e incinerador de particulado -resfriador por injeção de água	Não especificado	5,056	4,872	4,480

Fonte: Cia Lilla (2018).

### 9.1.3 Grãos torrados

No Quadro 4, são apresentados os equipamentos necessários para o transporte, armazenamento e redução de tamanho dos grãos torrados.

Quadro 4 – Dimensões e especificações dos equipamentos referentes ao café torrado

Item	Material	Altura (m)	Largura (m)	Comprimento (m)	Ø (m)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elevador catador com motor elétrico 7,46 kW</li> <li>• Silo</li> <li>• Transportador de rosca horizontal com motor elétrico de 1,49 kW</li> <li>• Transportador de rosca vertical com motor elétrico de 2,24 kW</li> </ul>	Não especificado	2,210	2,000	2,000	-
		3,000	-	-	-
		-	3,100	-	0,200
		3,705	-	-	0,200
• Granulador (25,74 kW)	Aço carbono	1,500	1,120	1,800	-
• Silo para café moído	Aço carbono	4,500	3,000	3,000	-
• Silo para café moído	Aço carbono	4,500	2,000	2,000	-

Fonte: Autoria própria (2018).

#### 9.1.4 Extrator e centrífuga

As Figuras 39 e 40, respectivamente, apresentam uma representação do sistema de extração e da centrífuga a ser utilizada.

Figura 39 – Colunas de extração



Fonte: GEA (2018).

Figura 40 – Centrífuga clarificadora



Fonte: Hiper centrifugation Ltda (2018).

No Quadro 5 são apresentadas as dimensões dos equipamentos utilizados.

Quadro 5 – Dimensões da coluna de percolação e centrífuga

Item	Material	Altura(m)	Largura (m)	Comprimento (m)	Diâmetro (m)
Percolador (unidade)	Aço inox	6,000	-	-	0,750
Centrífuga (14,71 kW)	Aço inoxidável	1,850	1,000	1,900	-

Fonte: Adaptado Blackman (1982).

### 9.1.5 Concentrador

O modelo de concentrador definido é apresentado na Figura 41. Suas dimensões, no entanto, são expostas no Quadro 6.

Figura 41 – Representação do Crio-concentrador



Fonte: GEA (20--?b).

Quadro 6 – Dimensionamento do sistema de concentração

Item	Material	Altura(m)	Diâmetro(m)
Crio-concentrador (800kW)	Aço inoxidável	3,00	1,50
-Cristalizador -Coluna de lavagem		3,00	1,00

Fonte: Autoria própria (2018).

### 9.1.6 Liofilizador

No quadro 7, estão dispostas as dimensões do sistema de secagem. A máxima capacidade de produção do equipamento apresentada abaixo, é inferior à capacidade necessária para o processo de produção pela *Acoffee*. No entanto, tal equipamento estabelece uma entrada de extrato com 45% de matéria seca e uma saída de café liofilizado com 3% de umidade. Visto que a capacidade de produção de café liofilizado depende da concentração de água inicial do extrato, da umidade desejada do produto final e que estabeleceu-se que o extrato inicial contém 60% de sólidos solúveis e o produto final apresenta umidade de 4%, determinou-se que esse equipamento atenderá a demanda da empresa.

Quadro 7 – Dimensões do sistema de secagem

Item	Material	Altura (m)	Largura (m)	Comprimento (m)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema de pré-congelamento</li> <li>• Sistema de congelamento contínuo de dois estágios, tipo CAB (congelamento por jato de ar contínuo)</li> <li>• Sistema de granulação e peneiramento em dois estágios               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Planta de liofilização contínua, tipo CONRAD™ XL</li> </ul> </li> <li>• Sistema separador de refrigeração de amônia - excl. o sistema de refrigeração de absorção</li> <li>• Sistema de controle integrado PC / PLC com registro de dados               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Engenharia de campo cobrindo supervisão de montagem, partida e comissionamento</li> </ul> </li> </ul> <p>Total: 1900 kW</p>	Aço inox	14,00	12,50	50,00

Fonte: GEA (2018).



O equipamento de secagem, pode ser representado pela Figura 42.

Figura 42-Ilustração do sistema de secagem: (1) Pré-congelamento; (2) Congelamento; (3) Granulação; (4) Adição da bandeja no liofilizador; (5) Café liofilizado; (6) Liofilizador – Atlas CONRAD.



Fonte: Adaptado GEA (2018).

### 9.1.7 Envase

A Figura 43 apresenta os equipamentos utilizados para envase dos produtos *Acoffee*.

Figura 43 – (1) Ensacadeira para *Big bags*; (2) Ensacadeira para sacos de 60 kg; (3) Envasadora de tambores



Fontes: Adaptado de SASA (2018); PERFOR (2018), ALFA (2018a).

As dimensões desses equipamentos estão expostas no Quadro 8.

Quadro 8 – Equipamentos para envase

Item	Material	Altura(m)	Largura(m)	Comprimento (m)
Ensacadeira 60kg (1,49 kW)	Aço inoxidável	1,975	1,236	0,786
Ensacadeira Big-bags (2,98 kW)	Aço inoxidável	3,3370	2,362	2,540
Envasadora em tambores (2 kW)	Aço inoxidável	2,00	1,50	1,50

Fonte: Autoria própria (2018).

## 9.2 Equipamentos utilizados para obtenção das utilidades

Nessa seção serão apresentadas as dimensões referentes aos equipamentos vinculados as utilidades utilizadas no processo de produção. No Quadro 9 estão expostas as utilidades necessárias para geração de energia.

Quadro 9 – Dimensões e especificações das utilidades

Item	Material	Altura(m)	Largura(m)	Comprimento (m)
Prensa modelo PRG - 900(308,91kW)	Aço inoxidável	6,600	3,600	11,100
Caldeira	Não especificado	4,400	2,900	8,226
Turbina (1500 kW)	Aço carbono	2,100	2,200	3,740

Fonte: Autoria própria (2018).

O modelo de caldeira determinado é representado na Figura 37. A prensa, no entanto, é apresentada na Figura 44.

Figura 44 – Prensa modelo PRG-900



Fonte: GREENPEÇAS (2018).

As áreas referentes aos trocadores de calor, condensadores, resfriador e aquecedor empregados, são indicadas no Quadro 10. A Figura 45, representa os modelos de trocadores escolhidos.

Quadro 10 – Dimensões dos equipamentos de troca térmica

Item	Material	Área (m <sup>2</sup> )
Trocadores de calor a placas TC-401 TC-402	Aço inoxidável	9,88 5,93
Condensadores C-501 C-601	Aço carbono	1,74 51,92
Resfriador R-401	Aço inoxidável	1,82
Aquecedor A-601	Aço carbono	3,10

Fonte: Autoria própria (2018).

Figura 45 – Trocador de calor: (1) A placas; (2) Bitubular



Fonte: Adaptado ALFA (2018b); GRAHAM (2018).

## 10 LAYOUT E PLANTA BAIXA

A *Acoffee* disponibilizará de um terreno próximo a BR-101 no município de Linhares-ES, com área de 101.141 m<sup>2</sup>, sendo que este já é disponibilizado com infraestruturas básicas como rede de água, esgoto, drenagem, rede elétrica e acesso pavimentado. A Figura 46 demonstra a localização do mesmo.

Figura 46 – Localização do terreno da indústria *Acoffee*



Fonte: Google (2018c).

O objetivo do *layout* é organizar e determinar as melhores posições para os maquinários e departamentos, de modo a alcançar a minimização de tempo de produção, a maximização do volume de negócios e da capacidade produtiva (ROSA *et al.*, 2014).

A estruturação de um *layout* é complexa, tendo uma longa duração e alto custo, devido às grandes dimensões de equipamentos a serem transferidos (FERREIRA; REAES, 2013).

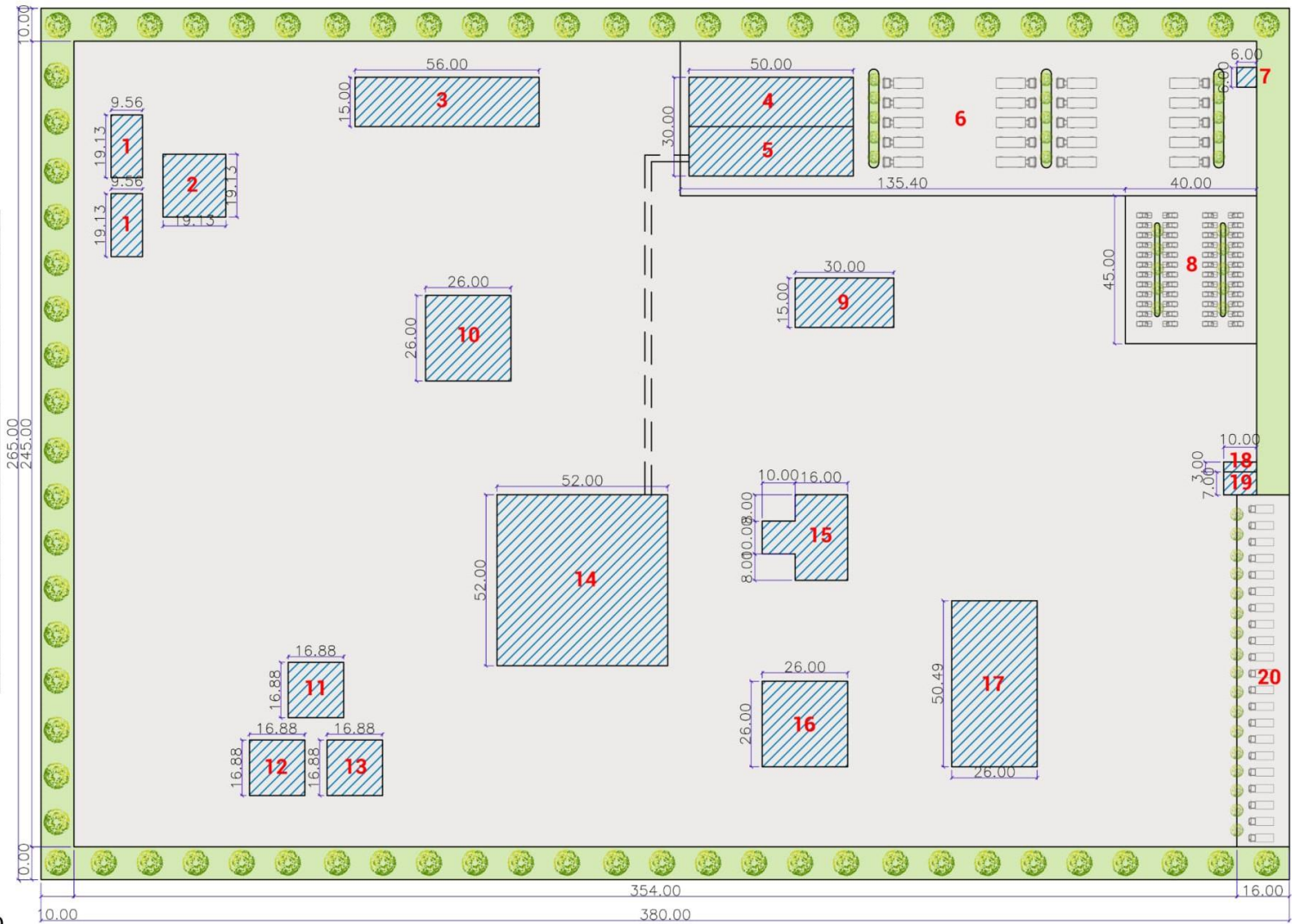
De acordo com a NR-12, a distância mínima requerida entre partes móveis de máquinas e/ou equipamentos deve ser de 0,70 m - 1,30 m, enquanto para máquinas e equipamentos varia de 0,60 m - 0,80 m. Já a largura mínima das vias principais de circulação e também aquelas que conduzem até as saídas

devem conter uma medida mínima de 1,20 m, sendo que essas precisam ser devidamente demarcadas e mantidas permanentemente desobstruídas (BRASIL, 2010).

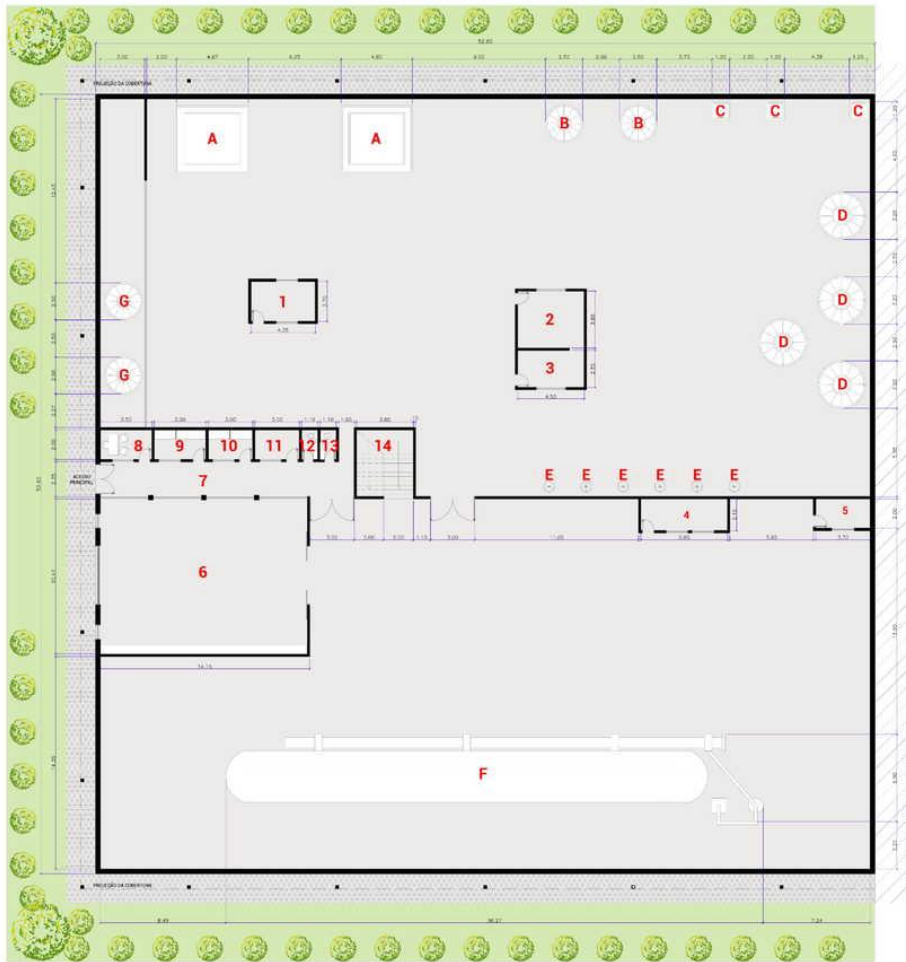
Portanto, a *Acoffee*, baseada na NR-12, viabilizando a maximização de produção e redução de gastos, determinou o *layout* dos departamentos, e também do setor fabril (fábrica e galpão de armazenamento e limpeza). Além disso, juntamente com essas, é apresentado imagens em 3D do setor fabril e do barracão de armazenamento.

Legenda

REF.	GALPÃO
1	Lagoa
2	Estação de Tratamento de Efluentes
3	Auditórios
4	Barracão 1
5	Barracão 2
6	Estacionamento para Caminhões
7	Portaria / Guarita
8	Estacionamento Interno
9	Análise de Grão
10	Área de Descanso
11	Armazém de Cavaco
12	Setor da Caldeira
13	Setor de Prensagem
14	Setor Industrial
15	Área de Descanso
16	Refeitório
17	Recepção e Setor Administrativo e Comercial
18	Portaria
19	Entrada Pessoa Física
20	Estacionamento Externo



Planta de Situação  
Sem escala



Planta Baixa Térrea – Ampliação do setor fabril  
ESC: 1/150



Para uma melhor visualização os Quadros 11 e 12 apresentam a legenda da prancha 1.

Quadro 11 – Legenda para ambientes – Prancha 1

<b>Referência</b>	<b>Ambiente</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>
1	Sala de controle – torrador	11,75
2	Sala de qualidade – torra e moagem	17,30
3	Sala de controle – moagem	11,25
4	Sala de qualidade – liofilização	12,60
5	Sala de controle – liofilização	7,40
6	Sala de envazamento	147,00
7	Acesso e circulação	43,00
8	Sala 01	7,00
9	Vestiário Masculino	7,00
10	Vestiário Feminino	6,00
11	Sala 02	6,00
12	Sanitário Masculino	2,20
13	Sanitário Feminino	2,20
14	Escada	--

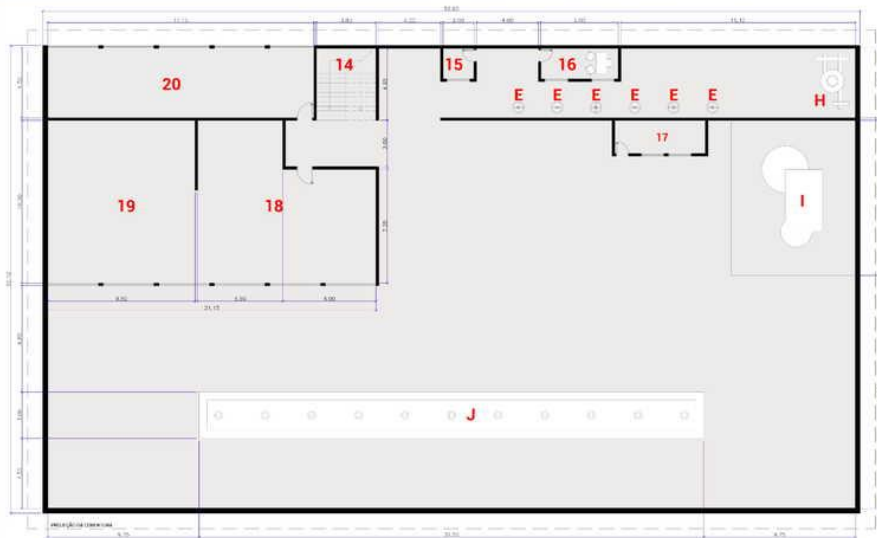
Fonte: Autoria Própria (2018).

Quadro 12 – Legenda para maquinário – Prancha 1

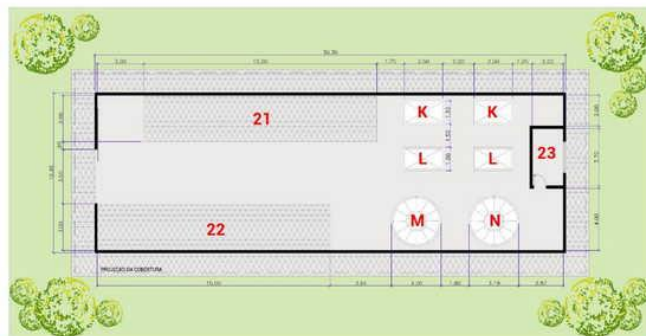
<b>Referência</b>	<b>Maquinário</b>
A	Torrador
B	Silo de grãos torrados
C	Moedor
D	Silo de grãos moídos
E	Extrator
F	Liofilizador
G	Silo de grãos verdes

Fonte: Autoria Própria (2018).





Planta Baixa Pavimento Superior – Ampliação do setor fabril  
ESC: 1:150



Planta Baixa – Galpão de armazenamento  
ESC: 1:150

**Legenda**

REF.	AMBIENTE	ÁREA
1	Sala de controle – Torrador	11,75m
2	Sala de qualidade – Tosta e moagem	17,30m
3	Sala de controle – Moagem	11,25m
4	Sala de qualidade – Liofilização	12,60m
5	Sala de controle – Liofilização	7,40m
6	Sala de envasamento	147,00m
7	Acesso e circulação	43,00m
8	Sala O1	7,00m
9	Vestário Masculino	7,00m
10	Vestário Feminino	6,00m
11	Sala O2	6,00m
12	Sanitário Masculino	2,20m
13	Sanitário Feminino	2,20m
14	Escada	----
15	Sala de controle – Centrifuga	4,00m
16	Sala de qualidade – Centrifuga	10,00m
17	Sala de controle – Crioconcentrador e C. de congelamento	12,50m
18	Laboratório de físico-química	100,00m <sup>2</sup>
19	Laboratório de microbiologia	100,00m
20	Laboratório de desenvolvimento – Escala piloto	77,00m
21	Armazenamento – Café Arábica	45,00m
22	Armazenamento – Café Conilon	45,00m
23	Sala O1	7,40m

REF.	MAQUINÁRIO
A	Torrador
B	Silo de grãos torrados
C	Moador
D	Silo de grãos moídos
E	Extrator
F	Liofilização
G	Silo de grãos verdes
H	Centrifuga
I	Crioconcentrador
J	Câmara de congelamento
K	Peneira – Café Arábica
L	Peneira – Café Conilon
M	Silo – Café Arábica
N	Silo – Café Conilon



Os Quadros 13 e 14 representam a legenda da prancha 2.

Quadro 13 – Legenda para ambientes – Prancha 2

<b>Referência</b>	<b>Ambiente</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>
14	Escada	--
15	Sala de controle – centrífuga	4,00
16	Sala de qualidade – centrífuga	10,00
17	Sala de controle – criocentrador e c. de congelamento	12,50
18	Laboratório de físico-química	100,00
19	Laboratório de microbiologia	100,00
20	Laboratório de desenvolvimento – Escala Piloto	77,00
21	Armazenamento – Café Arábica	45,00
22	Armazenamento – Café Conilon	45,00
23	Sala 01	7,40

Fonte: Autoria Própria (2018).

Quadro 14 – Legenda para maquinário – Prancha 2

<b>Referência</b>	<b>Maquinário</b>
H	Centrífuga
I	Criocentrador
J	Câmara de Congelamento
K	Peneira – Café Arábica
L	Peneira Café Conilon
M	Silo – Café Arábica
N	Silo – Café Conilon

Fonte: Autoria Própria (2018).

## 11 FINANCEIRO

A análise do balanço financeiro se faz necessária uma vez que é um instrumento para que indicadores sejam definidos, de modo a ajudar na avaliação da gestão financeira (CGU, 2009). De acordo com Silveira (2012) a análise de índices baseia-se em relacionar contas ou grupos de contas, de modo a avaliar o desempenho da empresa. Esse permite que as comparações sejam realizadas ano a ano ou com empresas concorrentes.

A análise econômica da *Acoffee* foi realizada de acordo com o modelo DFC (Demonstração do Fluxo de Caixa), metodologia mais aderente aos objetivos do fluxo de caixa, definida como sendo um demonstrativo dos recebimentos e pagamentos relacionados às atividades operacionais da empresa (CRC-CE, 2008). A Figura 47 demonstra como funciona tal método.

Figura 47 – Método DFC

<b>Fluxo de caixa das atividades operacionais:</b>
Vendas Recebidas de Mercadorias
( - ) Pagamento de Fornecedores
( - ) Pagamento de Despesas Operacionais
( - ) Pagamento do Imposto de Renda
( - ) Pagamento de Juros
= Caixa líquido das atividades operacionais
<b>Fluxo de caixa das atividades de investimento:</b>
Aplicação Líquida em Investimentos
Aplicação Líquida em Imobilizado
Aplicações em Títulos (Juros Recebidos)
Redução de Outros Direitos a Longo Prazo
= Caixa Aplicado nas atividades de Investimentos
<b>Fluxo de caixa das atividades de financiamento:</b>
Financiamento por Recursos de Terceiros
Aquisição de Financiamento por Recursos Próprios
Outras Contas a Pagar
Dividendos Pagos
=Caixa Aplicado nas atividades de Financiamento
<b>Aumento/diminuição líquido de caixa e equivalentes de caixa</b>
Caixa e equivalente de caixa – início do ano
Caixa e equivalente de caixa – final do ano

Fonte: CRC-CE (2008).

### 11.1 Descrição e custo dos cargos

A determinação do número de funcionários foi baseado no organograma da empresa (página 35). Além disso, a *Acoffee* considerou as estruturas atuais de empresas para o estabelecimento das funções e quantidade de funcionários necessárias para as mesmas. Os Quadros 15 e 16 apresentam os cargos e salários para os funcionários da linha de produção e dos funcionários administrativos (administrativo, RH, etc), ou seja, aqueles não pertencentes ao processo produtivo.

Os salários foram baseados no piso salarial de cada função. De acordo com a consolidação das leis do trabalho (CLT), adicionais como periculosidade e insalubridade devem corresponder em média a 20% do salário bruto do funcionário para atividades em ambientes de média periculosidade (PANTALEDO, 2017). Além disso, baseado na CTL, funcionários que trabalham no horário noturno (22:00 – 05:00h) também possuem um acréscimo de 20% na remuneração normal (BRASIL, 1946). Outros adicionais que devem ser levados em consideração são as férias, 13º salário e impostos, todos presentes na CTL. Todos esses adicionais compõem os Quadros 15 e 16. O salário líquido dos funcionários levou em consideração todos esses adicionais para os turnos e ambientes de trabalho.

A carga horária foi baseada no artigo 7º da Constituição Federal, que estabelece a jornada máxima de trabalho como sendo de 8 horas diárias e 44 horas semanais, ressalvo em casos especiais, e repouso semanal remunerado, preferencialmente aos domingos (BRASIL, 1943). Portanto, definindo a jornada de trabalho, optou-se por horário comercial para os funcionários administrativos e 4 turnos de 6 horas para funcionários da linha de produção. A Tabela 26, apresenta tais relações.

Tabela 26 – Carga horária semanal

Turnos	Administrativo	1º Turno	2º Turno	3º Turno	4º Turno
2ª Feira	8:00 às 18:00	06:00 às 12:00	12:00 às 18:00	18:00 às 00:00	00:00 às 06:00
3ª Feira	8:00 às 18:00	06:00 às 12:00	12:00 às 18:00	18:00 às 00:00	00:00 às 06:00
4ª Feira	8:00 às 18:00	06:00 às 12:00	12:00 às 18:00	18:00 às 00:00	00:00 às 06:00
5ª Feira	8:00 às 18:00	06:00 às 12:00	12:00 às 18:00	18:00 às 00:00	00:00 às 06:00
6ª Feira	8:00 às 18:00	06:00 às 12:00	12:00 às 18:00	18:00 às 00:00	00:00 às 06:00
Sábado	-	06:00 às 12:00	12:00 às 18:00	18:00 às 00:00	00:00 às 06:00
Domingo	-	06:00 às 12:00	12:00 às 18:00	18:00 às 00:00	00:00 às 06:00

Fonte: Autoria Própria (2018).

Quadro 15 – Cargos e salários no setor de administrativo

Funcionário	Quantidade	Piso salarial (R\$)	Adicional (R\$)	Custo por func. (R\$)	Custo Total (R\$)
Administrador	2	2.881,72	1.847,65	4.729,37	9.458,74
Advogado	1	4.441,55	2.471,55	6.913,10	6.913,10
Auxiliar de limpeza	10	954,00	1.123,18	2.077,18	20.771,80
Conferente de carga e descarga	5	999,98	759,97	1.759,95	8.799,75
Contador	1	2.782,37	1.807,92	4.590,29	4.590,29
Diretor comercial	1	12.924,38	6.355,62	19.280,00	19.280,00
Diretor de Produção	1	4.090,96	3.581,08	7.672,04	7.672,04
Diretoria de recursos humanos	1	14.532,24	6.998,73	21.530,97	21.530,97
Enfermeiro do trabalho	5	2.250,88	1.481,91	3.732,79	18.663,97
Gerente de compras	1	4.077,96	2.594,05	6.672,01	6.672,01
Gerente de logística	1	2.325,94	1.424,40	3.750,34	3.750,34
Gerente de marketing e vendas	1	4.914,40	3.151,80	8.066,20	8.066,20
Gerente de planejamento e desenvolvimento	1	6.990,08	3.982,03	10.972,11	10.972,11
Porteiro	5	954,00	778,68	1.732,68	8.663,40
Presidente	1	40.000,00	17.228,48	57.228,48	57.228,48
Técnico em administração	2	1.407,24	922,87	2.330,11	4.660,22
Telefonista	5	954,00	741,58	1.695,58	8.477,90
Vigia	5	954,00	969,48	1.923,48	9.617,40
Zelador	4	954,00	741,58	1.695,58	6.782,32

\*Inclui insalubridade, periculosidade, vale refeição, auxílio alimentação, FGTS, 13º, férias e IRPF.

Fonte: Autoria Própria (2018).

Quadro 16 – Cargos e salários no setor de produção

Funcionário	Quantidade	Piso salarial (R\$)	Adicional* (R\$)	Custo por funcionário (R\$)	Custo Total(R\$)
Classificador de grãos	5	743,27	958,22	1.701,49	8.507,45
Auxiliar de produção	14	1.123,18	954,00	2.077,18	29.080,52
Caminhoneiro autônomo	6	874,98	1.287,51	2.162,49	12.974,94
Controlador de caldeira	5	1.553,81	1.149,15	2.702,96	13.514,80
Degustador	9	805,05	1.112,69	1.917,74	17.259,66
Engenheiro Ambiental/sanitarista	2	3.444,27	4.135,68	7.579,96	15.159,91
Engenheiro de controle e automação	2	5.131,85	4.932,26	10.064,11	20.128,23
Engenheiro químico de produção	2	5.222,20	4.811,32	10.033,52	20.067,05
Engenheiro químico de processos	2	5.222,20	4.811,32	10.033,52	20.067,05
Engenheiro mecânico	1	4.985,16	4.748,89	9.734,05	9.734,05
Engenheiro de Segurança do Trabalho	1	4.987,32	4.751,94	9.739,26	9.739,26
Estagiário de engenharia	3	839,97	1.200,00	2.039,97	6.119,91
Estagiário de controle	3	799,98	1.100,00	1.899,98	5.699,94
Operador de caldeira a vapor	5	1.553,81	1.149,15	2.702,96	13.514,80
Operador de empilhadeira	3	1.061,20	1.168,25	2.229,45	6.688,35
Operador de processo de produção	56	778,68	954,00	1.732,68	97.030,08
Supervisor de segurança do trabalho	1	1.762,64	1.753,35	3.515,99	3.515,99
Químico	2	3.235,96	3.176,25	6.412,21	12.824,42
Técnico em química industrial	3	1.704,47	1.602,72	3.307,19	9.921,56
Técnico em segurança industrial	4	1.830,82	1.753,35	3.584,18	14.336,70
Gerente de processos	1	2.015,31	3.300,89	5.316,20	5.316,20
Analista de controle de qualidade	6	2.345,40	1.967,38	4.312,78	25.876,69

\*Inclui insalubridade, periculosidade, vale refeição, auxílio alimentação, FGTS, 13º, férias e IRPF.

Fonte: Autoria Própria (2018).

## 11.2 Avaliação de Custos

A avaliação dos custos é a ferramenta na gestão estratégica que facilita a avaliação do orçamento de custos, possibilitando assim a destinação de recursos quando necessário. Essa verifica o nível de investimento que a empresa está tendo, além de apresentar informações de investimento da mesma (ROBLES JÚNIOR, 1994).

Serão apresentados a seguir as relações de custos fixos e variáveis da empresa *Acoffee*.

### 11.2.1 Custos fixos

Custos fixos são aqueles que independem da quantidade de produção instalada, ou seja, aqueles que estão ligados à estrutura produtiva instalada da empresa (MEGLIORINI, 2001). Exemplos de custos fixos são funcionários que não participam da linha de produção, aluguel, dentre outros.

A Tabela 27 apresenta todas as despesas das empresas consideradas fixas.

Tabela 27 – Custo mensal fixo

<b>Descrição</b>	<b>Custo (R\$)</b>
Água	55.869,66
Energia	5.000,00
IPTU	7.000,00
Material em geral	15.000,00
Telefone/internet	600,00
Funcionários Administrativos	242.571,04
<b>Total</b>	<b>326040,70</b>

Fonte: Autoria Própria (2018).

Os valores encontrados na Tabela 27 foram baseados nos custos diretos ligados ao processo produtivo do café solúvel e do extrato. A água e a energia, tiveram seus custos baseados nos valores fornecidos pelas empresas representante de cada serviço na cidade de Linhares – ES, bem como o IPTU.

### 11.2.2 Custos variáveis

Estes também são conhecidos como custos marginais, uma vez que são a exclusão das “cargas fixas”. Estão diretamente relacionados com o volume de produção ou de vendas, e a apuração de seu custeio pode ser dado pelos materiais diretos, os funcionários de linha de produção, custos gerais, matéria-prima, etc (WERNKE, 2001).

Para a determinação do custo variável e análise de custo do produto, foi necessário a consideração da matéria-prima, energia consumida, assim como a água e os funcionários que participam da linha de produção. Além disso, os custos unitários da energia e água se deram de acordo com a Cia. de Energia da cidade de Vitória – ES e Água da cidade de Linhares – ES, enquanto o cavaco e o café possuem custo baseados em pesquisas referente ao dia 30 de outubro de 2018, podendo este variar (CESAN, 2018; WEB ARCONDICIONADO, 2017). As Tabelas 28 e 29 apresentam os valores dos custos.

Tabela 28 – Preço do Café Solúvel (sem impostos)

ITEM	CUSTO (R\$)	Quantidade	CUSTO/h
Café arábica	550/Saca 60Kg	4166,70 Kg.h <sup>-1</sup>	38194,75
Café conilon	400/Saca 60Kg	1785,70 Kg.h <sup>-1</sup>	11904,67
Cavaco	185.t <sup>1</sup>	1,90 t.h <sup>-1</sup>	351,72
Energia elétrica(R\$/kWh)	0,50.KWh <sup>-1</sup>	5889,75 KW	3894,87
Funcionários	377077,54	-	2618,59
Água	9,73.m <sup>3</sup>	12,18 m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup>	118,48
<b>TOTAL (R\$/h)</b>			<b>57083,09022</b>

Fonte: Autoria Própria (2018).

Tabela 29 – Preço do Extrato (sem impostos)

ITEM	CUSTO (R\$)	Quantidade	CUSTO (R\$/h)
Café arábica	550/Saca 60Kg	4166,70 Kg.h <sup>-1</sup>	38194,75
Café conilon	400/Saca 60Kg	1785,70 Kg.h <sup>-1</sup>	11904,67
Cavaco	185.t <sup>1</sup>	1,90 t.h <sup>-1</sup>	351,72
Energia elétrica(R\$/kkWh)	0,50.KWh <sup>-1</sup>	7789,75KW	2944,87
Funcionários	377077,54	-	2618,59
Água	9,73.m <sup>3</sup>	12,18 m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup>	118,48
<b>TOTAL</b>			<b>56133,09</b>

Fonte: Autoria Própria (2018).

O custo variável pode ser dado considerando o valor total apresentado na Tabela 28, sendo este equivalente a R\$ 57083,09 por hora.



Baseado nos valores encontrados na Tabelas 28 e 29 pode-se encontrar o custo operacional (CP) para cada um dos produtos. O CP foi calculado levando em consideração o consumo de cada item listado na Tabela 29 para produção dos produtos da indústria, ou seja, do café solúvel e do extrato, para um tempo de operação de 1 h. Os resultados estão presentes na Tabela 30.

Tabela 30 – Custo operacional dos produtos

<b>Produto</b>	<b>CP (R\$/Kg)</b>	<b>CP (R\$/L)</b>
Café solúvel	69,49	-
Extrato	99,63	67,57*

\*Para  $\rho = 0,6782$  Kg/L.

Fonte: Autoria Própria (2018).

Assumindo-se que o custo venal dos produtos obtidas seja 85% superior ao custo operacional tem-se que o café solúvel e o extrato serão vendidos a, respectivamente, R\$128,55 e R\$183,32 por Kg.

### 11.3 Capital de Giro

O capital de giro possui relação com as finanças que giram ou são movimentadas no dia a dia da empresa. De maneira geral, sua definição pode ser dada como sendo um capital de trabalho, ou seja, capital que é necessário para que haja a continuidade das operações da empresa, como por exemplo recursos para o financiamento aos clientes, para manter estoques e para pagamento aos fornecedores e impostos, entre outros (SEBRAE, 2018).

O capital de giro da empresa foi calculado considerando o estoque inicial, o tempo de necessidade de capital de giro em função do tempo médio de recebimento das vendas e do tempo médio de pagamento das contas.

O estoque inicial é a quantidade mínima de matéria-prima necessária para se dar início a produção. Portanto, determinou-se um estoque para 29 dias e os resultados estão apresentados na Tabela 31.

Tabela 31 – Estoque inicial

<b>Matéria-Prima</b>	<b>Estoque (kg)</b>	<b>R\$/kg</b>	<b>Custo (R\$)</b>
Café arábica	2900023,20	9,17	26583546,00
Café conilon	1242847,20	6,67	8285648,00
Água	8449788,00	0,01	82216,44
<b>TOTAL</b>	<b>12592658,4</b>	<b>-</b>	<b>R\$ 34.951.410,44</b>

Fonte: Autoria Própria (2018).

Como citado anteriormente, faz-se necessário o conhecimento dos tempos médios de recebimento das vendas e do pagamento das compras para que o capital de giro seja encontrado. Por isso, arbitrou-se os dias de saída e entrada dos mesmos, considerando o tempo que se leva para matéria-prima chegar a empresa, bem como o tempo que levaria para o produto chegar ao destino, pois o pagamento e o recabimento só deverá ser realizado após a chegada desses, seguido de uma análise do produto. Esses valores estão dispostos nas Tabelas 32 e 33, respectivamente.

Tabela 32 – Tempo médio de recebimento das vendas

<b>Produto</b>	<b>% Produção</b>	<b>Dias de saída</b>	<b>Média de dias</b>
Café solúvel	70,0	25	17,5
Extrato	30,0	20	6,0
<b>TOTAL</b>	<b>100,0</b>	<b>-</b>	<b>23,5</b>
<b>Prazo médio total (dias)</b>			<b>24</b>

Fonte: Autoria Própria (2018).

Tabela 33 – Tempo médio de pagamento das compras

<b>Matéria-Prima</b>	<b>Massa (kg)</b>	<b>Fração componentes (%)</b>	<b>Dias</b>	<b>Média de dias</b>
Café arábica	4166,70	23,03	10	2,30
Café conilon	1785,70	9,87	10	0,99
Água	12140,50	67,10	30	20,13
<b>TOTAL</b>	<b>18092,9</b>	<b>100</b>	<b>-</b>	<b>23,42</b>
<b>Prazo médio total (dias)</b>				<b>24</b>

Fonte: Autoria Própria (2018).

Portanto, o capital de giro em dias pode ser definido levando consideração as Tabelas 32 e 33. A Tabela 34 contém o valor obtido.

Tabela 34 – Capital de giro em dias

<b>Variável</b>	<b>Dias</b>
Prazo médio de vendas	24
Prazo médio de estoques	29
Subtotal	53
Prazo médio de compras	24
Subtotal	24
<b>Necessidade Líquida de Capital Giro</b>	<b>29</b>

Fonte: Aatoria Própria (2018).

Em posse de todos os dados fornecidos e sabendo que o capital mínimo é equivalente ao custo total vezes o capital de giro em dias, o caixa mínimo pode ser determinado, sendo esse apresentado na Tabela 35.

Tabela 35 – Caixa mínimo

<b>Variável</b>	<b>Valor total</b>
Custo fixo mensal	R\$ 269172,22
Custo variável	R\$ 39729830,79
Custo total da empresa	R\$ 39999003,01
Custo total diário	R\$ 1379275,97
Necessidade Líquida de Capital Giro	29 dias
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 39.999.003,01</b>

Fonte: Aatoria Própria (2018).

#### 11.4 Investimentos iniciais

O investimento inicial necessário equivale ao custeio de terreno, burocracia (documentação de abertura, IPTU, etc), equipamentos, utilidades, materiais, construção civil, entre outros. Todos os valores estimados para esses investimentos foram separados em tabelas (Tabela 36, 37 e 38) e apresentados a seguir.

Tabela 36 – Preço dos equipamentos

Equipamentos/Utilidades	Custo Unitário (R\$)	Quantidade	Custo total (R\$)
Sistema grão cru	388.490,35	2	776.980,70
Peneira	16.500,00	4	66.000,00
Torrador	1.068.874,83	4	4.275.499,32
Sistema grãos torrados	427.850,62	2	855.701,24
Granulador	195.600,00	3	586.800,00
Silo Café moído 4T	41.800,00	3	125.400,00
Silo Café moído 2T	34.300,00	1	34.300,00
Sistema de percolação	20.000.000,00	1	20.000.000,00
Centrífuga	420.000,00	1	420.000,00
Crioconcentrador	12.000.000,00	1	12.000.000,00
Sistema de secagem	69.822.000,00	1	69.822.000,00
Ensaadeira (60Kg)	58.210,00	1	58.210,00
Ensaadeira (Big bags)	100.000,00	1	100.000,00
Envasadora tambores	145.000,00	1	145.000,00
Prensa	1.224.000,00	1	1.224.000,00
Caldeira	1.820.000,00	1	1.820.000,00
Turbina	10.000.000,00	1	10.000.000,00
TC-401	181.840,58	1	181.840,58
TC-402	137.542,16	1	137.542,16
R-401	5.000,00	1	5.000,00
<b>TOTAL</b>			<b>122.634.274,00</b>

Fonte: Autoria Própria (2018).

Tabela 37 – Preço dos materiais e equipamentos extras

<b>Materiais e equipamentos extras</b>	<b>Custo (R\$)</b>
Materiais e Móveis	70.000,00
EPIs	45.000,00
Equipamentos de laboratório e Planta Piloto	500.000,00
ETE	200.000,00
<b>TOTAL</b>	<b>815.000,00</b>

Fonte: Autoria Própria (2018).

Tabela 38 – Preço dos adicionais

<b>Adicional</b>	<b>Custo (R\$)</b>
Sistema de Incêndio	2.000.000,00
Abertura de empresa	100.000,00
Seguro	5.000.000,00
Construção Civil	6.131.713,70
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 13.231.713,70</b>

Fonte: Autoria Própria (2018).

## 11.5 Financiamento

O financiamento da empresa foi escolhido por meio de uma plataforma disponível no site do banco BNDES, na qual foram informadas características da indústria de modo a obter o melhor financiamento para a *Acoffee*. O resultado foi o do BNDES Finame Demais BK. Esse financiamento conta com uma taxa de juros de 14,86% a.a, com um valor máximo de R\$150.000.000,00, carência máxima de 24 meses e prazo total de financiamento de 120 meses. São financiáveis máquinas, equipamentos, sistemas industriais, componentes, bens de informática e de automação, capital de giro, entre outros (BNDES, 2018a).

O valor total do financiamento se dá com soma dos totais presentes nas Tabelas 31, 35 a 38. Logo, em posse do valor total de financiamento determinou-se que a *Acoffee* financiará o valor máximo disponibilizado pelo banco e terá sócios que investirão o equivalente a R\$ 68.262.438,53. A divisão do financiamento está disponível na Tabela 39.

Tabela 39 – Divisão do financiamento

Tipo	Valor total (R\$)	Tipo do investimento	Investimento (R\$)
		Equipamentos	122.634.274,00
Financiamento	150.000.000,00	Materiais e equipamentos extras	815.000,00
		35,4% Caixa mínimo	26.550.726,00
		Adicionais	13.231.713,70
Sócios	68.262.438,53	64,60% Caixa Mínimo	48.456.555,93
		Terreno	6.574.168,90
	<b>TOTAL</b>		<b>R\$ 218.352.438,53</b>

Fonte: Aatoria Própria (2018).

Já a Tabela 40 disponibiliza a simulação de financiamento para a *Acoffee*.

Tabela 40 – Simulação de financiamento BNDES Finame Demais BK

Ano	Juros	Amortização	Parcela	Saldo Devedor
0	0	0	0	R\$ 150.000.000,00
1	R\$ 22.290.000,00	0	0	R\$ 172.290.000,00
2	R\$ 25.602.294,00	0	0	R\$ 197.892.294,00
3	R\$ 29.406.794,89	R\$ 16.491.024,50	R\$ 45.897.819,39	R\$ 181.401.269,50
4	R\$ 26.956.228,65	R\$ 16.491.024,50	R\$ 43.447.253,15	R\$ 164.910.245,00
5	R\$ 24.505.662,41	R\$ 16.491.024,50	R\$ 40.996.686,91	R\$ 148.419.220,50
6	R\$ 22.055.096,17	R\$ 16.491.024,50	R\$ 38.546.120,67	R\$ 131.928.196,00
7	R\$ 19.604.529,93	R\$ 16.491.024,50	R\$ 36.095.554,43	R\$ 115.437.171,50
8	R\$ 17.153.963,68	R\$ 16.491.024,50	R\$ 33.644.988,18	R\$ 98.946.147,00
9	R\$ 14.703.397,44	R\$ 16.491.024,50	R\$ 31.194.421,94	R\$ 82.455.122,50
10	R\$ 12.252.831,20	R\$ 16.491.024,50	R\$ 28.743.855,70	R\$ 65.964.098,00
11	R\$ 9.802.264,96	R\$ 16.491.024,50	R\$ 26.293.289,46	R\$ 49.473.073,50
12	R\$ 7.351.698,72	R\$ 16.491.024,50	R\$ 23.842.723,22	R\$ 32.982.049,00
13	R\$ 4.901.132,48	R\$ 16.491.024,50	R\$ 21.392.156,98	R\$ 16.491.024,50
14	R\$ 2.450.566,24	R\$ 16.491.024,50	R\$ 18.941.590,74	R\$ 0,00

Fonte: Adaptado BNDES (2018b).

Analisando a Tabela 40, observa-se que o juros no período de carência não serão pagos, de maneira que esses serão somados no valor da dívida, além disso não há amortização. Após esse período o valor correspondente aos juros diminui de acordo com o pagamento do financiamento, já a amortização terá valores fixos de R\$ 16.491.024,50 anuais.

## 11.6 DRE e Fluxo de Caixa

### 11.6.1 Receita Bruta

A receita bruta compreende o produto da venda de bens nas operações de conta própria e o preço dos serviços prestados, ou seja, é a quantidade total de vendas de mercadorias ou de serviços (ZANLUCA, [201-]a). Para a *Acoffee*, a receita bruta foi dada no período de um ano (355 dias) para os produtos café solúvel, extrato e energia elétrica. Os dados encontram-se na Tabela 41.

Tabela 41 – Receita Bruta

Produto	Produção anual	Custo (R\$)	Custo total (R\$/ano)
Café Solúvel (kg)	7000000	128,55	899.849.078,94
Extrato (kg)	4800000	184,32	884.738.802,94
Energia Elétrica (kW)	917,76	0,40	3.127.726,08
<b>RECEITA BRUTA TOTAL</b>			<b>R\$ 1.787.715.607,21</b>

Fonte: Autoria Própria (2018).

### 11.6.2 Impostos

Indústrias exportadoras são isentas de impostos como ICMS, IPI, PIS, COFINS, ISS. ICMS e IPI são justificados por meio da Constituição Federal artigo 155, § 2º e artigo 153, § 3º, inciso III, respectivamente. Já o PIS encontra-se na Medida Provisória 2.518-35/2011, enquanto o COFINS na Lei Complementar 70/1991 e ISS na Lei Complementar 116/2003. Os impostos que recaem sobre as indústrias de exportação são o IRPJ e o IE (Lei N° 1.578 de 1977) (ZANLUCA, [201-]b). Todos os impostos são aplicados no valor final do produto. A Tabela 42 apresentam quais são os impostos e suas respectivas porcentagens.

Tabela 42 – Impostos

Impostos	Porcentagem
ICMS	isento
IPI	isento
PIS	isento
COFINS	isento
CSLL	9%
IE	30%
IRPJ	25%

Fonte: Adaptado ZANLUCA ([201-]b).

### 11.6.3 Depreciação

A depreciação é a desvalorização da qualidade, ou seja, corresponde a uma taxa periódica que certos bens sofrem por uso, desgaste natural.

De acordo com a M&M Assessoria Contábil (2018), a taxa anual de depreciação, baseado na NCM (Nomenclatura Comum do Mercosul) para os equipamentos listados na Tabela 36 corresponde a 10%. O custeio da depreciação para os equipamentos e utilidades, juntamente com a depreciação total estão presentes no Quadro 17.

A depreciação nos seguintes anos são apresentadas juntamente ao fluxo de caixa.

Quadro 17 – Depreciação

Equipamentos/Utilidades	Custo total (R\$)	Taxa Anual (%)	Depreciação (1° ano)
Sistema grão cru	776.980,70	10	6.474,84
Peneira	66.000,00	10	550,00
Torrador	4.275.499,32	10	35.629,16
Sistema grãos torrados	855.701,24	10	7.130,84
Granulador	586.800,00	10	4.890,00
Silo Café moído 4T	125.400,00	10	1.045,00
Silo Café moído 2T	34.300,00	10	285,83
Sistema de percolação	20.000.000,00	10	166.666,67
Centrífuga	420.000,00	10	3.500,00
Crio-concentrador	12.000.000,00	10	100.000,00
Sistema de secagem	69.822.000,00	10	581.850,00
Ensacadeira(60Kg)	58.210,00	10	485,08
Ensacadeira (Big bags)	100.000,00	10	833,33
Envasadora tambores	145.000,00	10	1.208,33
Prensa	1.224.000,00	10	10.200,00
Caldeira	1.820.000,00	10	15.166,67
Turbina	10.000.000,00	10	83.333,33
TC-401	181.840,58	10	1.515,34
TC-402	137.542,16	10	1.146,18
R-401	5.000,00	10	41,67
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 122.634.274,00</b>		<b>R\$ 1.021.952,28</b>

Fonte: Aatoria Própria (2018).

#### 11.6.4 Fluxo de Caixa

Fluxo de caixa pode ser definido como sendo a diferença entre as entradas e saídas de recursos financeiros. As projeções desse fluxo são de suma importância para que se possa ter uma boa gestão das disponibilidades. O montante que deve ser mantido no caixa é determinado por meio dos valores que serão desembolsados nos dias ou semanas seguintes, além das possíveis reservas, para suprir algum imprevisto (SILVEIRA, 2012). Assim sendo, essa é uma ferramenta que permite ao administrador visualizar, num determinado período de tempo, se ocorrerá excedentes de caixa ou escassez de recursos financeiros, consentindo um direcionamento mais assertivo do mesmo (GONÇALVES, CONTI, 2011).

Diante de tal relevância, calculou-se o fluxo de caixa utilizando a receita bruta da empresa. Além disso, foram abatidos os custos fixos e variáveis, bem como os impostos, despesas financeiras e custos de amortização de



financiamento. A Tabela 43 apresenta os valores considerados para o cálculo do fluxo de caixa anual para os primeiros 7 anos.

Tabela 43 – Fluxo de Caixa

	ANO						
	1	2	3	4	5	6	7
Receita Bruta	0	0	1.787.715.607,21	1.787.715.607,21	1.787.715.607,21	1.787.715.607,21	1.787.715.607,21
Impostos diretos	0	0	697.209.086,81	697.209.086,81	697.209.086,81	697.209.086,81	697.209.086,81
Despesa geral fixa	0	0	3.991.187,90	3.991.187,90	3.991.187,90	3.991.187,90	3.991.187,90
Custos Operacionais	0	0	486.347.928,68	486.347.928,68	486.347.928,68	486.347.928,68	486.347.928,68
EBTIDA	0	0	600.167.403,83	600.167.403,83	600.167.403,83	600.167.403,83	600.167.403,83
Depreciação	0	0	12.263.427,40	11.037.084,66	9.933.376,19	8.940.038,57	8.046.034,72
Despesas financeiras	0	0	29.406.794,89	26.956.228,65	24.505.662,41	22.055.096,17	19.604.529,93
LAIR	0	0	558.497.181,54	562.174.090,52	565.728.365,23	569.172.269,09	572.516.839,18
Imposto de renda	0	0	139.624.295,38	140.543.522,63	141.432.091,31	142.293.067,27	143.129.209,80
Lucro Líquido	0	0	418.872.886,15	421.630.567,89	424.296.273,92	426.879.201,81	429.387.629,39
Depreciação	0	0	12.263.427,40	11.037.084,66	9.933.376,19	8.940.038,57	8.046.034,72
Amortização	0	0	16.491.024,50	16.491.024,50	16.491.024,50	16.491.024,50	16.491.024,50
<b>Fluxo de Caixa</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>414.645.289,05</b>	<b>416.176.628,05</b>	<b>417.738.625,61</b>	<b>419.328.215,89</b>	<b>420.942.639,60</b>

Fonte: Autoria Própria (2018).

## 11.7 Viabilidade financeira

A avaliação básica de um projeto de investimento envolve um conjunto de técnicas, sendo necessária a análise criteriosa dos métodos para que se possa compreender os reflexos nos resultados financeiros (LIZOTE *et al*, 2014). As ferramentas mais utilizadas para uma análise de viabilidade são a Taxa Interna de retorno (TIR), o valor Presente Líquido (VPL), o período de retorno do investimento (*Payback*) e índices de retorno. A análise por meio destas ferramentas permite identificar o lucro e se a taxa de retorno do projeto estudado é maior que a taxa mínima de atratividade, TMA (EICK, 2010)

A fim de avaliar a viabilidade financeira da implantação da *Acoffee*, utilizou-se as ferramentas VPL, *payback*, TIR, bem como determinou-se o ponto de equilíbrio.

### 11.7.1 VPL

O VPL é um método que consiste em determinar o valor no instante inicial, descontando o fluxo de caixa líquido de cada período futuro gerado durante a vida útil do investimento, com a taxa mínima de atratividade e adicionando o somatório dos valores descartados ao fluxo de caixa líquido do instante inicial (HOJI, 2010).

De acordo com Brigham, Gapenski e Ehrhardt (2001), quando o valor do VPL for positivo, o projeto estará gerando mais caixa que o necessário para quitar o capital de terceiros e fornecer um retorno aos investidores, desse modo, a empresa está gerando valor para si e para seus acionistas; porém, se o VPL for negativo, a empresa não terá valor e, ainda, perderá valor.

Levando em consideração que o investimento e fluxo de caixa iniciais, são, respectivamente, R\$ 218.262.438,53 e R\$ 414.645.289,05 e assumindo-se que a taxa mínima de atratividade (TMA) é 60% superior ao juros aplicado no financiamento (14,7%), por meio do software Microsoft Office *Excel* (2013), obteve-se que o VPL para o negócio é de R\$ 796.183.809,42. Desse modo, sendo o VPL superior a zero a empresa apresenta maior probabilidade de obter lucro.

### 11.7.2 Payback

Segundo Gitman (2002), o *payback* é definido como o período de tempo necessário para recuperar o capital investido, ou seja, é o período de tempo necessário para que os lucros de um investimento consigam cobrir o capital empregado.

Para determinar os valores referentes ao *payback*, a partir do *software* Microsoft Office *Excel*, calculou-se o valor presente (VP) utilizando-se uma TMA de 24% e os fluxos de caixa em cada período. A Tabela 44 exhibe os valores obtidos.

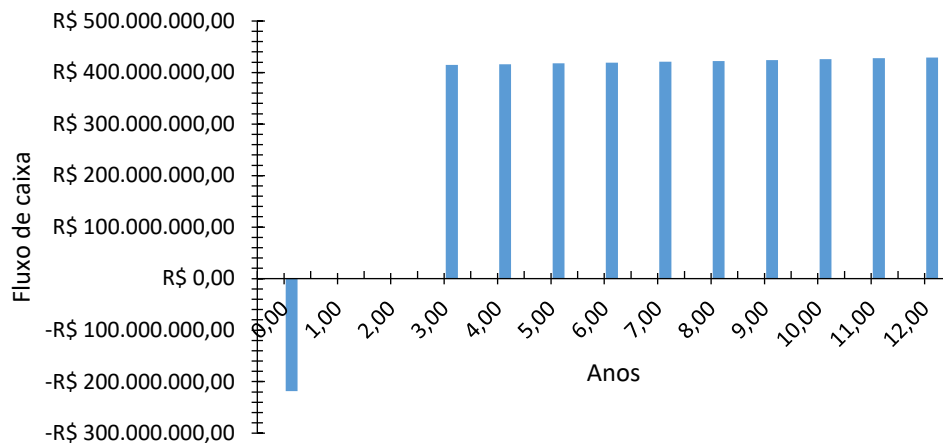
Tabela 44 – Determinação do *Payback*

<b>ANO</b>	<b>Fluxo de caixa (R\$)</b>	<b>VP (R\$)</b>	<b><i>Payback</i> (R\$)</b>
<b>0</b>	-218262438,53	-218262438,53	-218.262.438,53
<b>1</b>	0,00	0,00	-218.262.438,53
<b>2</b>	0,00	0,00	-218262438,53
<b>3</b>	414.645.289,05	218.659.023,54	396.585,01
<b>4</b>	416.176.628,05	177.309.462,06	177.706.047,08
<b>5</b>	417.738.625,61	143.787.924,48	321.493.971,56
<b>6</b>	419.328.215,89	116.609.900,28	438.103.871,83
<b>7</b>	420.942.639,60	94.573.141,16	532.677.012,99
<b>8</b>	422.579.413,42	76.703.783,42	609.380.796,41
<b>9</b>	424.236.302,32	62.212.812,49	671.593.608,90
<b>10</b>	425.911.294,79	50.460.868,38	722.054.477,28
<b>11</b>	427.602.580,49	40.929.782,46	762.984.259,74
<b>12</b>	429.308.530,09	33.199.549,68	796.183.809,42
<b>13</b>	431.027.677,19	26.929.692,20	823.113.501,62
<b>14</b>	432.758.702,06	21.844.172,50	844.957.674,11

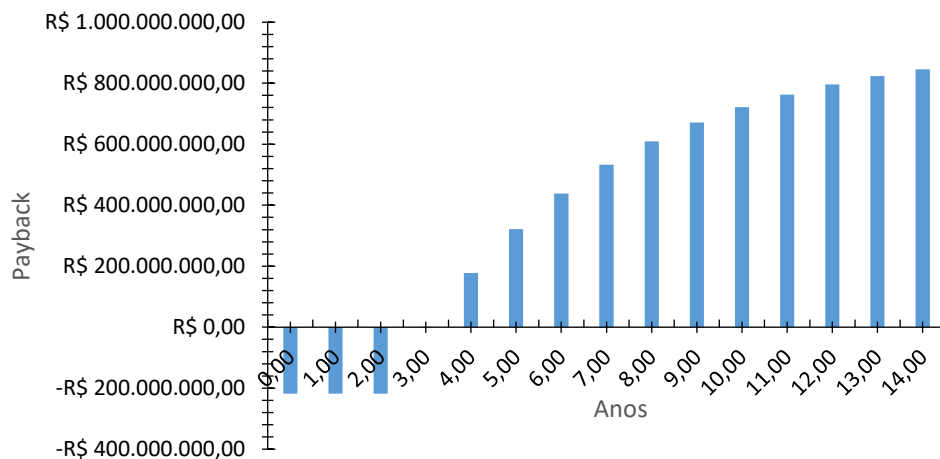
Fonte: Autoria própria (2018).

Nas Figuras 48 e 49 são apresentados os gráficos de fluxo de caixa e *payback* versus tempo.

Figura 48 – Relação entre fluxo de caixa e tempo



Fonte: Autoria própria (2018).

Figura 49 – Relação entre *Payback* e tempo

Fonte: Autoria própria (2018).

Considerou-se previamente que serão destinados a construção da empresa o período de dois anos, desse modo pode-se verificar por meio da Figura 48 que tais anos não apresentam fluxo de caixa.

Por meio da Figura 49, no entanto, pode-se analisar que a partir do terceiro ano os lucros cobrem o capital empregado, fator que indica que a empresa recupera com rapidez seus investimentos.

### 11.7.3 TIR

A taxa interna de retorno (TIR) é definida como a taxa que mede a rentabilidade de um projeto em um determinado período de tempo (SANTOS, 2011b).

Segundo Tracy (2004), as empresas não devem aceitar investimentos com TIR inferior à TMA. Outra maneira de dizer isso é que uma empresa não deve realizar um investimento com VPL negativo.

O TIR obtido a partir dos fluxos de caixa disponíveis na Tabela 43 e do *software* Microsoft Office *Excel*, é de 68%, valor esse superior à taxa mínima de atratividade (24%). Assim sendo, tem-se outro indicativo de que investimento apresentará retorno.

### 11.7.4 Ponto de equilíbrio

O ponto de equilíbrio indica a capacidade mínima que a empresa deve operar para não ter prejuízo. É, portanto, a relação entre o volume de vendas e a lucratividade, determinando o nível de vendas necessário para cobrir os custos (MARTINS, 2003). Desse modo, a fim de avaliar o volume necessário de vendas, no período considerado, para cobrir todas as despesas determinou-se esse dado.

A Tabela 45 apresenta a relação de custo médio em relação ao produto, custos fixos e de produção, bem como a margem de contribuição (MC) calculada e o valor referente ao ponto de equilíbrio. A margem de contribuição consiste na diferença entre o valor venal do produto e seu custo variável. O Ponto de equilíbrio, por sua vez, é a razão entre os custos fixos e a MC.

Valor unitário (R\$.kg <sup>-1</sup> )	151,24
Custo variável (R\$)	81,75
Custo fixo (R\$)	3.991.187,90
MC (R\$.kg <sup>-1</sup> )	69,49
Ponto Equilíbrio (kg)	57.437,19

Fonte: Autoria própria (2018).

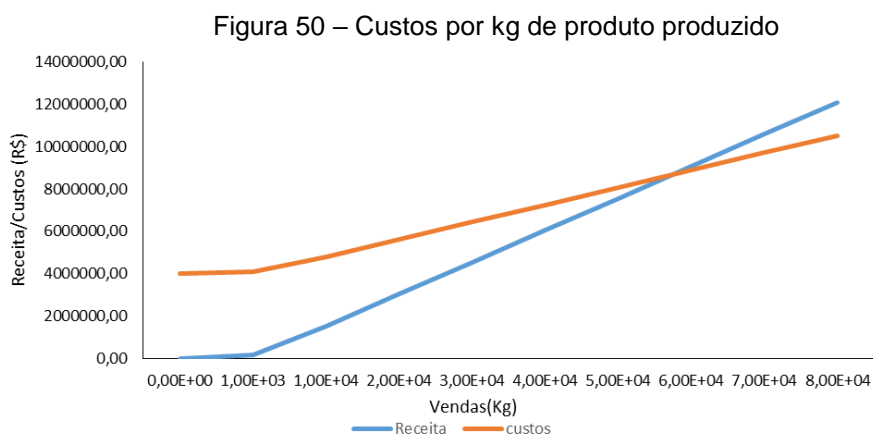
Considerando-se uma produção total de 0 a 80000 Kg ao final do processo, calculou-se a receita e os custos, conforme demonstrado na Tabela 46.

Tabela 46 – Custos em relação à quantidade vendida (kg)

Vendas (kg)	Receita (R\$)	Custos (R\$)
0,00	0,00	3.991.187,90
100,00	15.123,83	3.999.362,94
1000,00	151.238,31	4.072.938,33
10000,00	1.512.383,09	4.808.692,27
20000,00	3.024.766,18	5.626.196,64
30000,00	4.537.149,26	6.443.701,01
40000,00	6.049.532,35	7.261.205,38
50000,00	7.561.915,44	8.078.709,76
60000,00	9.074.298,53	8.896.214,13
70000,00	10.586.681,61	9.713.718,50
80000,00	12.099.064,70	10.531.222,87

Fonte: Autoria própria (2018).

Por meio dos dados da Tabela 45, elaborou-se um gráfico cujo eixo das abscissas corresponde à quantidade de produto vendida e o eixo das ordenadas à receita e aos custos (Figura 50).



Fonte: Autoria própria (2018).

Pode-se verificar que a reta referente à receita, acima ponto de equilíbrio apresenta valores superiores aos custos. Portanto, após a produção de 57.437,19 kg de produtos a empresa apresentará uma renda superior ao valor necessário para suprir seus custos.

## REFERÊNCIAS

ABIC. **Composição Química**. 2018. Disponível em: <http://abic.com.br/o-cafe/cafe-e-saude/composicao-quimica/> > Acesso em: 20 fev. 2018.

ABIC. **Exportação de café do Brasil em 2018 será limitada por concorrência e custos**. 2017. Disponível em: < <http://abic.com.br/exportacao-de-cafe-do-brasil-em-2018-sera-limitada-por-concorrenca-e-custos/>>. Acesso em: 16 abr. 2018.

ABICS. **Ameaçada a liderança mundial do Brasil nas exportações de café solúvel**. 2018. Disponível em: < <http://www.abics.com.br/ameacada-a-lideranca-mundial-do-brasil-nas-exportacoes-de-cafe-soluvel/> >. Acesso em 18 fev. 2018.

ABNT. **NBR 12209: Elaboração de projetos hidráulico-sanitário de estações de tratamento de esgotos sanitários**. Rio de Janeiro, 2011. 53 p.

AgE. **Tanques de equalização**. 2018. Disponível em: <<http://agetec.com.br/uploads/Anexos/Tanque%20eq/Tanque%20de%20equaliza%C3%A7%C3%A3o.pdf>>. Acesso em: 19 out. 2018.

AGNOLETTI, Bárbara Zani. **Avaliação das propriedades físico-químicas de café arábica (Coffee arabica) e Conilon (Coffee canephora) classificados quanto à qualidade da bebida**. 2015. 112 p. Monografia (Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2015.

Allborg. **Caldeira LHC**. 2018a. Disponível em: <<http://www.aalborg-industries.com.br/general.php?ix=140>>. Acesso: 18 out. 2018

Allborg. **Poder calorífico inferior**. 2018b. Disponível em: <<http://www.aalborg-industries.com.br/downloads/poder-calorifico-inf.pdf>>. Acesso: 18 out. 2018.

ALFA. Envasadora de líquidos. 2018a. Disponível em:<<http://www.alfainstrumentos.com.br/produto/envasadora-de-liquidos/>> Acesso: 28 out.2018

ALFA. Gasketed plate heat exchangers. 2018b. Disponível em:<<https://www.alfalaval.com/microsites/gphe/>>Acesso: 24 out.2018.



ALMEIDA, D. S. de. **Determinação experimental do calor específico de matéria mole (Soft Matter)**. 32 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Processos Químicos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Apucarana, 2012. Disponível em: <[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/4816/1/AP\\_COPEQ\\_2012\\_1\\_02.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/4816/1/AP_COPEQ_2012_1_02.pdf)>. Acesso em: 26 out. 2018.

ALMEIDA, P. F. F. de; RIBEIRO, C. **Processo de Liofilização de Produtos Alimentares Perecíveis**. 2012. 117 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2012.

ALVES, BLYENI H.P. *et al.* Composição química de cafés torrados do cerrado e do sul de Minas Gerais. **Ciência & Engenharia**, Uberlândia, v. 16, n. 1/2, p. 9 – 15. 2007.

ANTT. **Logística**. 2018. Disponível em: <[http://antt.gov.br/antt\\_institucional/opencms/ferrovias/Ferrovia\\_CentroAtlantica\\_SA-Infoacoes.html](http://antt.gov.br/antt_institucional/opencms/ferrovias/Ferrovia_CentroAtlantica_SA-Infoacoes.html)>. Acesso em: 23 mar.2018.

ASTM – American Society for Testing Materials. ASTM D-1941 – 91 - **Standard Test Method for Open Channel Flow Measurement of Water with the Parshall Flume**. In: Annual Book of ASTM, 1991.

BLACKMAN, Colin. **Foods and food production encyclopedia**. New York, 1982, 2305 pp, [UK pound] 165.75," Food Policy, Elsevier, vol. 8(2), p. 162-163, May.

BANCO DO NORDESTE. **Linhares: Informações socioeconômicas municipais**. 2016. Disponível em: <<https://www.bnb.gov.br/documents/80223/3022127/Linhares.pdf/56c5e5d8-90a2-67f9-219f-f3913417ee05>> Acesso em: 02.mai 2018.

BANDES. **FUNDAP**. 2016a. Disponível em: <<https://www.bandes.com.br/Site/Dinamico/Show?id=21>>. Acesso em: 01 mar. 2018.

BANDES. **INVEST-ES**. 2016b. Disponível em: <<https://www.bandes.com.br/Site/Dinamico/Show?id=29>>. Acesso em: 01 mar. 2018.

BARALDI, Ilton J. **Hidrólise dos Polissacarídeos do Café**. 2013. 103 p. Tese (Doutorado)-Programa de Pós Graduação em Engenharia Química, São Carlos, 2013.

BARRAGUER, Vicenç R. **Millores en un crioconcentrador per plaques de pel·lícula descendent: dissenys de nous prototips per líquids industrials i residuals**. 2015. 193 p. Tese (Doutorado em Engenharia Industrial) - Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, 2015.

BENINCA, Marcelo. **Integração energética de uma planta de Eteno com aspectos de flexibilidade**: Aplicação da análise *Pinch* em conjunto com a otimização matemática. 2008. 113 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

BERMO. **Trocadores de calor a placas**. 2018. Disponível em: < <http://www.bermo.com.br/produto/trocadores-de-calor-placas-sistemas-troca-termica/>>. Acesso em: 28 out. 2018.

BEZZAN, L.; DULGHEROFF, P. **Manual: Métodos de preparo Café**. Vitória, 2016. Disponível em: <[https://m.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/UFs/ES/Sebrae%20de%20A%20a%20Z/ES\\_manualmetodospreparocafe\\_16\\_PDF.pdf](https://m.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/UFs/ES/Sebrae%20de%20A%20a%20Z/ES_manualmetodospreparocafe_16_PDF.pdf)>. Acesso em: 18 mar. 2018.

BOLTON, D. Instant Markets. **Stir**, Thailand, 01 ago. 2015. Disponível em: < <http://stir-tea-coffee.com/features/instant-markets/>>. Acesso em: 29 mar. 2018.

BOSS, E. A. Freeze drying process: real time model and optimization. *Chem Eng Process*, v.43, p.1475-1485, 2004.

BNDES. **BNDES Finame – BK Aquisição e Comercialização**. 2018a. Disponível em: <<https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/bndes-finame-bk-aquisicao-comercializacao>>. Acesso em: 02 nov. 2018.

BNDES. **Simule seu financiamento**. 2018b. Disponível em: < [https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/simulador?produtoCode=AOI\\_019&valorBem=13615515.66&percentualFinanciado=100&prazoFinanciamento=118&prazoCarenacia=24&spreadAgente=6&projecaoInflacaoAnual=3.63](https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/simulador?produtoCode=AOI_019&valorBem=13615515.66&percentualFinanciado=100&prazoFinanciamento=118&prazoCarenacia=24&spreadAgente=6&projecaoInflacaoAnual=3.63)>. Acesso em: 02 nov. 2018.

BORÉM, F. M. *et al.* Propriedades térmicas de cinco variedades de café cereja descascado. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande , v. 6, n. 3, p. 475-480, Dec. 2002 . Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-43662002000300016&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662002000300016&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 20 out. 2018.

BORÉM, F. M. *et al.* **Calor específico e condutividade térmica de cinco variedades de café cereja descascado.** In: II Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 2001, Vitória. Anais...Vitória, 2001.

BRASIL. **Instrução Normativa nº16, 24 maio 2010.** 2010. Disponível em: <<http://www.cncafe.com.br/ba/file/MAPA%20-%20IN%2016,%2024052010.pdf>>. Acesso em: 29 mar. 2018.

BRASIL. **NR-12 - SEGURANÇA NO TRABALHO EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS.** 2010. Disponível em: <<http://www.trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR12/NR-12.pdf>>. Acesso em: 27 out. 2018.

BRASIL. **Decreto n. 5452, de 1943.** 1943. Brasília, DF. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm) >. Acesso em: 10 jun. 2018.

BRASIL. Decreto n. 9666, de 1946. 1946. **Consolidação das Leis do Trabalho**, Rio de Janeiro, RJ. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/Del5452.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/Del5452.htm) >. Acesso em: 10 jun. 2018

BRASIL. **Ministério da saúde. Portaria nº 377, de 26 de abril de 1999. REGULAMENTO TÉCNICO PARA FIXAÇÃO DE IDENTIFICAÇÃO E QUALIDADE DE CAFÉ TORRADO EM GRÃO E CAFÉ TORRADO E MOÍDO.** 1999. Disponível em:<[http://www.anvisa.gov.br/anvisa/legis/portarias/377\\_99.htm](http://www.anvisa.gov.br/anvisa/legis/portarias/377_99.htm)>. Acesso em: 27 maio 2018.

BRASIL. **Portaria nº 130, de 19 de fevereiro de 1999. REGULAMENTO TÉCNICO PARA FIXAÇÃO DE IDENTIDADE E QUALIDADE DE CAFÉ SOLÚVEL.** 1999. Disponível em: <[http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/svs1/1999/prt0130\\_19\\_02\\_1999.html](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/svs1/1999/prt0130_19_02_1999.html)>. Acesso em: 16 abr. 2018.

BRIGHAM, E.; GAPENSKI, L.; EHRHARDT, M. C. **Administração financeira: teoria e prática.** São Paulo: Atlas, 2001.

BRUGOS, A. F.; STREIT F. **Café Solúvel**. 2000. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/alimentus1/feira/proutro/cafesol/piqbase.htm>>. Acesso em: 21 maio 2018.

BUREAU DE INTELIGÊNCIA COMPETITIVA DO CAFÉ - BICC. **Relatório Internacional de tendências do café**. v.6, n.8, set. 2017. 19p.

CABRAL *et al.*, L. **Concentração de componentes do aroma do café por evaporação**. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2007. 2 p.

CARVALHO *et al.*, V.D. de. **Relação entre a composição físico-química e química do grão beneficiado e a qualidade de bebida do café**. Brasília, v.29, n.3, p. 449-454, mar. 1994.

CARVALHO, D. F. de. Café, ferrovias e crescimento populacional: o florescimento da região noroeste paulista. **Revista Histórica**. Ed. 27, Nov. 2007.

CARVALHO, J. N. de. **Desempenho das exportações de café solúvel do Brasil**. 2014. Dissertação (Pós-graduação) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

CARVALHO, Monique. **Conheça a origem e história do café**. 2017. Disponível em: <<https://www.graogourmet.com/blog/conheca-origem-do-cape-e-sua-historia/>>. Acesso em: 01 mar. 2018.

CASTRO *et al.*, Evelim M. S. Estudo da utilização de casca de arroz, cavaco de eucalipto e aparas de couro para a geração de energia via co-combustão. In: V Congresso brasileiro de carvão mineral - Universidade Luterana do Brasil. 2017. Criciúma. **Anais eletrônicos**. Disponível em: <<http://www.swge.inf.br/ANAIS/CBCM2017/PDF/CBCM2017-0072.PDF>> Acesso em: 18 out. 2018.

CECAFE. **Relatório Mensal-Dezembro 2017**. 2017a. Disponível em: <[http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/informe\\_estatistico/CECAFE\\_Relatorio\\_Mensal\\_DEZEMBRO\\_2017.pdf](http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/informe_estatistico/CECAFE_Relatorio_Mensal_DEZEMBRO_2017.pdf)>. Acesso em: 16 fev. 2018.

CECAFE. **Consumo**. 2017b. Disponível em: <<http://www.cecafe.com.br/sobre-o-cape/consumo/>>. Acesso em: 16 abr. 2018.

CEPEL. **Manual de aplicação de sistemas descentralizados de geração de energia elétrica para projetos de eletrificação rural: energia biomassa.** Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2000. 41p.

ÇENGEL, Y. A. **Transferência de Calor e Massa – Uma Abordagem Prática.** 7ª Ed. Editora McGraw-Hill Interamericana, 2012.

CESA. **Decantador Primário.** 2018. Disponível em: <<http://www.saneamento.poli.ufrj.br/index.php/br/infraestrutura/decantador-primario>>. Acesso em: 19 out. 2018.

CESAN. **Tabela de Tarifas.** 2018. Disponível em: <<https://www.cesan.com.br/wp-content/uploads/2018/08/Tarifario-2018-com-Tarifa-de-Disponibilidade.pdf>>. Acesso em: 30 out. 2018.

CGU. **Transparência e Controladoria – Geral da União – 2009.** Disponível em: <<http://www.cgu.gov.br/assuntos/auditoria-e-fiscalizacao/avaliacao-da-gestao-dos-administradores/prestacao-de-contas-do-presidente-da-republica/arquivos/2009/622.pdf>>. Acesso em: 02 nov. 2018.

Cia Lilla. **Catálogo Smart Roaster.** 2018. Disponível em: <[http://www.lilla.com.br/pdf/smart\\_ing.pdf](http://www.lilla.com.br/pdf/smart_ing.pdf)>. Acesso em: 10 de out. 2018.

CIRO, V. H. J. **Secado de café com inversion periodica de flujo de aire.** Tese (Mestre em engenharia mecânica) – Universidade de Porto Rico, Mayagues Mayagues, Porto Rico. 2000.

CLARKE, R. J.; MACRAE, R. *Coffee: technology.* London: **Elsevier**, 1987. v.2.

CLARKE, R. J. Instant Coffee. In: CLARKE, R. J.; VITZTHUM, G. O. **Coffee Recent Developments.** Editora Blackwell Scienc, 2001. cap. 6. p.125-139.

*Computer Aided Thermodynamic Tables 3.* 2018. Acesso em: 09 out. 2018.

CONAMA. **Resolução nº 03, de 28 de junho de 1990.** 1990. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=100>> . Acesso em: 01 junho de 2018.

CONAMA. **Resolução nº 313, de 29 de outubro de 2002**. 2002. Disponível em: <[http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA\\_RES\\_CONS\\_2002\\_313.pdf](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_2002_313.pdf)> . Acesso em: 01 junho de 2018.

CONAMA. **Resolução nº 382, de 2 de janeiro de 2006**. 2006. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=520>> . Acesso em: 01 junho de 2018.

CONAMA. **Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011**. 2011. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>> . Acesso em: 03 junho de 2018.

CONAMA. **Resolução nº 436, de 2 de janeiro de 2011**. 2011. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=660>> . Acesso em: 03 junho de 2018.

CRC-CE. **Demonstração de Fluxo de Caixa**. 2008. Disponível em: <[http://www.crc-ce.org.br/crcnovo/download/dfc\\_2008.pdf](http://www.crc-ce.org.br/crcnovo/download/dfc_2008.pdf)>. Acesso em: 02 nov. 2018.

DANFOSS. **Por que usar Amônia Industrial?**. 2018. Disponível em: <<http://refrigerationandairconditioning.danfoss.com.br/refrigerants/industrial-refrigeration/ammonia/why-ammonia/#/>>. Acesso em: 20 set. 2018.

DAY, John G.; STACEY, Glyn N. **Cryopreservation and Freeze-Drying Protocols**. 2. ed. New York: Humana Press, 2007. 347 p.

DAL MOLIN *et al.*, Roberto N. Caracterização física e sensorial do café produzido nas condições topoclimáticas de Jesuitas, Paraná, Acta **Scientiarum**: agronomy, Maringá, v. 30, n. 3, p. 353- 358, 2008.

DIAS, F. **Tratamento biológico aeróbico e anaeróbico de efluentes**. 2013. Disponível em: <<https://www.teraambiental.com.br/blog-da-tera-ambiental/bid/340697/tratamento-biologico-aerobio-e-anaerobio-de-efluentes>>. Acesso em: 25 out. 2018.

DIAS, R. C. E. **Discriminação de espécies de café (Coffea arábica e Coffea canéfora) em diferentes graus de torra**. 2005. 106f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Londrina, Londrina, 2005.

DURÁN, C. A. A. *et al.* Café: aspectos gerais e seu aproveitamento para além da bebida. **Rev. Virtual Quim.**, v. 9, n.1, p.107-134, Jan.-Fev. 2017.

DWYER, Daniel E. Jr.. **Freeze Concentration of Instant Coffee**. U.S. Pat. 3,845,230, 01 ago. 1969, 03 abr. 1972.

EICK, Guilherme. **Viabilidade econômica e financeira de uma pequena central hidrelétrica no Brasil**. 2010. 30 f. Monografia (Especialização) - Curso de Ciências Econômicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

EMBRAPA. **Mercado mundial de café solúvel está estimado em US\$ 28 bilhões com possibilidade de crescimento de 30% até 2020**. 2017. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/20350539/mercado-mundial-de-cafe-soluvel-esta-estimado-em-us-28-bilhoes-com-possibilidade-de-crescimento-de-30-ate-2020>> Acesso em: 07 fev. 2018.

ESTEVES, B. N. **Influência do processo de secagem por pulverização mecânica (Spray Dryer) no tamanho de partícula e densidade aparente do café solúvel**. 2006. Dissertação(Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

EUGÊNIO, M. H. A. **Blends de cafés arábica e conillon: avaliações físicas, químicas e sensoriais**. 2011. 112f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

EUROMONITOR INTERNATIONAL. **Instant Coffee: Versatility and Convenience Drive Growth**. 2014. Disponível em: <<http://www.euromonitor.com/instant-coffee-versatility-and-convenience-drive-growth/report>>. Acesso em: 20 mar. 2018.

FARIA, A. C. S.; MANOLESCEU, F. M. K. A produção de café no Brasil. In: VIII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e IV Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba. 2004. São José dos Campos. **Anais eletrônicos**. Disponível em: <[http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC\\_2004/trabalhos/inic/pdf/IC6-8.pdf](http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2004/trabalhos/inic/pdf/IC6-8.pdf)> Acesso em: 04 abr.2018.

FERNANDES JÚNIOR, Carlos C. **Integração energética da etapa de extração de óleo de soja, utilizando a análise Pinch**. 2009. 94 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Centro de Engenharias e Ciências Exatas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2009.

FERNANDES, Maria C. S. **Integração de processos**. Apostila da disciplina de Síntese e Integração de Processos, 2012.

FERNANDES, S. M. *et al.* Constituintes Químicos e Teor de extrato aquoso de Cafés Arábica (*Coffea arabica* L.) e Conilon (*Coffea canephora* pierre) Torrados. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n. 5, p. 1076-1081, 2003.

FERREIRA, J. C. E; REAES, P. A. Performance comparison of the virtual cell layout with cellular and job shop configurations using simulation and design of experiments. In: 9th IEEE International Conference on Automation Science and Engineering. **IEE CASE**, Madison, Wisconsin, EUA: IEEE Robotics and Automation Society, p.795-800, 2013.

FERREIRA, L. T.; AIACHE, E. **Brasil exporta café para 113 países nos sete primeiros meses de 2017**. Ago. 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/25995810/brasil-exporta-cafe-para-113-paises-nos-sete-primeiros-meses-de-2017>>. Acesso em: 25 mar. 2018.

FIRJAN. **IFMD: Linhares**. 2013. Disponível em: <<http://www.firjan.com.br/ifdm/consulta-ao-indice/ifdm-indice-firjan-de-desenvolvimento-municipal-resultado.htm?UF=ES&IdCidade=320320&Indicador=1&Ano=2013>>. Acesso:03 mar.2018.

FLOTTWEG. Produção de café e café instantâneo. [20--?]. Disponível em: <<https://www.flottweg.com/pt/aplicacoes/bebidas/cafe/>>. Acesso em: 30 mar. 2018.

FOLMER, B. **The Craft and Science of the Coffee**. Elsevier, p. 558, 2017.



FRASSON, A. C. **Escolha de Alternativa Tecnológica para Tratamento e Destino Final de Lodo Gerado no Tratamento de Efluentes Líquidos de Agroindústrias com Base no Método AHP**. 2011. 85 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento) - Universidade Estadual de Londrina - UEL, Londrina, 2011. Disponível em: <<http://www.uel.br/pos/enges/portal/pages/arquivos/dissertacao/73.pdf>>. Acesso em: 31 maio 2018.

FREITAS, S. P., MONTEIRO, P. L., LAGO, R. C. A. **Extração do óleo da borra de café solúvel com etanol comercial**. In: Simpósio Nacional dos Cafés do Brasil. Poços de Caldas, 2000.

GARCIA, L. P. **Liofilização aplicada a alimentos. 2009. 49 f. Trabalho** - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2009.

GEA. **Liquid Coffe Concentrate**. [20--?]a. Disponível em: <[https://www.gea.com/en/binaries/TSF08-042013-H%20liquid%20coffee\\_tcm11-21914.pdf](https://www.gea.com/en/binaries/TSF08-042013-H%20liquid%20coffee_tcm11-21914.pdf)>. Acesso em: 14 mar.2018.

GEA. **FIC® and CARINE™ Extractors**. 2018. Disponível em: <<https://www.gea.com/pt/products/fic-carine-extractors.jsp>> Acesso em: 11 out. 2018

GEA. **Instant coffee**. [20--?]b. Disponível em: <[https://www.gea.com/en/binaries/GEA%20Process%20Technology%20for%20Instant%20Coffee\\_tcm11-23912.pdf](https://www.gea.com/en/binaries/GEA%20Process%20Technology%20for%20Instant%20Coffee_tcm11-23912.pdf)>. Acesso em: 14 mar.2018.

GITMAN, L. J. **Princípios de Administração Financeira**. 8ª edição. São Paulo: Harbra, 2002.

GIORDANO, Gandhi. **Tratamento e Controle de Efluentes Industriais**. 2004. Disponível em: <[https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/35427518/Apostila\\_-\\_Tratamento\\_de\\_efluentes\\_industriais.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1539923296&Signature=PVe56h4x9IgonY6SiDopyFEIewY%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DTRATAMENTO\\_E\\_CONTROLE\\_DE\\_EFLUENTES\\_INDUS.pdf](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/35427518/Apostila_-_Tratamento_de_efluentes_industriais.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1539923296&Signature=PVe56h4x9IgonY6SiDopyFEIewY%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DTRATAMENTO_E_CONTROLE_DE_EFLUENTES_INDUS.pdf)>. Acesso em: 19 out. 2018.

GONÇALVES, M. A.; CONTI, I. S. Fluxo de Caixa. **Revista de Ciências Gerenciais**, Anhanguera, v. 15, n. 21, p. 173-190, 2011.

GONZALEZ, R. K. **Influência do processo de internacionalização na capacidade tecnológica: o caso da CIA. Iguazu de café solúvel**. 2010. 214p. Dissertação (Mestrado em Administração) – Departamento de Pós-graduação em Administração da Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

GONZALEZ, E. A. S. **Estudo da viabilidade de implantação de pequenas unidades de torrefação de café**. 2004. Trabalho final (Graduação em Bacharelado em Engenharia de Alimentos). Universidade Estácio de Sá. Rio de Janeiro

GONZÁLEZ, A. G. *et al.* **HPLC analysis of tocopherols and triglycerides in coffee and their use as authentication parameters**. Food Chemistry, Oxford, v. 73, n. 1, p. 93-101, 2001.

GOOGLE. **Google Earth - Version Online**. 2018a. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/@-17.741554,-44.3337762,1332702m/data=!3m1!1e3>>. Acesso em: 15 abr. 2018.

GOOGLE. **Google Earth - Version Online**. 2018b. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/search/linhares+a+porto+de+vitoria/@-19.656632,-41.2341028,293361m/data=!3m2!1e3!4b1>>. Acesso em: 15 abr.2018.

GOOGLE. **Google Earth - Version Online**. 2018c. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/place/Rio+Quartel,+Linhares+-+ES/@-19.4965264,-40.1513669,3930m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0xb632a6d3dc1ebd0x47d4e894de45b37f!8m2!3d-19.5244154!4d-40.1482489>>. Acesso em: 27 out. 2018.

GRAHAM. **Double pipe heat exchangers**. 2018. Disponível em: <[http://www.grahamhart.com/products\\_double\\_pipe\\_heat\\_exchangers.php](http://www.grahamhart.com/products_double_pipe_heat_exchangers.php)> Acesso em : 22 out.2018.

GREENPEÇAS. **Prensas modelo PRG-900**. 2018. Disponível em:<<http://www.greenpecas.com.br/>> Acesso em:20 out.2018.

HIMMELBLAU, David M.; RIGGS, James L. **Engenharia química: princípios e cálculos**. 7. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2006. 846 p.

Hiper centrifugation Ltda. **Clarificadora para bebidas**. 2018. Disponível em: <<http://www.hipercentrifugation.com.br/clarificadora-bebidas>> Acesso em: 10 de out. 2018.

HOJI, Masakazu. **Administração Financeira e Orçamentária**: matemática financeira aplicada, estratégias financeiras, orçamento empresarial. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

HUA, T. C.; LIU, B. L.; ZHANG, H. **Freeze-drying of Pharmaceutical and Food Products**. 1. ed. USA: Woodhead Publishing Limited And Science Press, 2010. 257 p.

HUANG, M.; ZHANG, M. Tea and coffee powders. In: Handbook of Food Powders, 2013. p.513-531.

HUI *et al*, Y. H. **Handbook of Frozen foods**. 1.ed. Nova York: CRC Press, 2004. 1293 p.

IARC. **IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans**. Some Industrial Chemicals, Lyon, IARC Press, V. 60, 233–320 p.

IBGE. **Histórico de Linhares-ES**. 2017a. Disponível em:< <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/es/historico>>. Acesso: 21 mar.2018.  
IBGE. **Linhares**. 2017b. Disponível em:< <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/es/linhares/panorama>>. Acesso em: 21 mar. 2018.

ICO. **Statistics. Historical Data**. [20--] Disponível em: <<http://www.ico.org/>>. Acesso em: 05 Mar. 2018.

ICO. **World coffee consumption**. 2017. Disponível em: <<http://www.ico.org/historical/1990%20onwards/PDF/2a-exports.pdf>>. Acesso em: 23 mar. 2018.

ICO. **Torrefação/Preparação**. 2018. Disponível em: < [http://www.ico.org/pt/making\\_coffee\\_p.asp](http://www.ico.org/pt/making_coffee_p.asp)>. Acesso em: 20 out.2018

ILLY, A.; VIANI, R. **Espresso coffee**: the chemistry of quality. London: Academic, 1995. 253p.

INCAPER. **Cafeicultura**. [20--?]. Disponível em:  
<<https://incaper.es.gov.br/cafeicultura>>. Acesso: 31. Mar.2018

INCAPER. **Programa de assistência técnica e extensão rural PROATER 2011– 2013**: planejamento e programação de ações em Linhares. 2011.  
Disponível em:  
<<https://incaper.es.gov.br/media/incaper/proater/municipios/Nordeste/Linhares.pdf>>. Acesso em: 03 mar. 2018.

INCROPERA, F. P., BERGMAN, T. L., DEWITT, D. P. 2008, **Fundamentos de transferência de calor e de massa**, 6ª ed., Editora LTC, Rio de Janeiro-RJ, 643p.

ITC. **The Coffee Exporter's Guide: Soluble coffee**. 3 ed. 2011. 247 p.

JENNINGS, T. A. **Lyophilization: Introduction and basic principles**. Boca Raton: CRC Press LLC, 2009, 646 p.

KOROISHI, Erika Tomie. **Estudo do Processo de Liofilização: Aplicação para Suco de Laranja**. 2005. 156 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

LAZZARINI, W.; MORAES, F. R. P. de. **Influência dos grãos deteriorados (“tipo”) sobre a qualidade da “bebida” de café**. Boletim Técnico do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo, v.17, n.7, p.1-10, Dez. 1958. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/brag/v17nunico/07.pdf>>. Acesso em: 24 mar. 2018.

LIZOTE *et al*, Suzete A. Análise de Investimentos: um Estudo Aplicado em uma Empresa do Ramo Alimentício. In: XI Simpósio de excelência em gestão e tecnologia. 2014. Resende. **Anais eletrônicos**. Disponível em:< <https://www.aedb.br/seget/fotos2014.php>> Acesso em: 22 out. 2018.

LOEBLEIN *et al.*, Vera M. Influência do tempo de torrefação na qualidade da bebida de café arábica (*Coffea arabica L.*). In: V Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica. 2010. Maceió. **Anais eletrônicos**. Disponível em:  
<<http://congressos.ifal.edu.br/index.php/connepi/CONNEPI2010/paper/viewFile/1106/65>>. Acesso em: 04. mar.2018.

LOPES *et al*, Luciana. M. V. Teor de sólidos solúveis totais, acidez total titulável e pH de grãos crus e torrados de sete cultivares de café (*coffea arabica* L.) e suas variações com o processo de torração. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL. 2000. Lavras. **Anais eletrônicos**. Disponível em: <<http://www.sbicafe.ufv.br/handle/123456789/885>> Acesso em: 25 mai.2018.

MACHADO, J. L. A. **A bebida da razão – O café e a história do mundo contemporâneo**. 2006. Disponível em: <<http://www.planetaeducacao.com.br/portal/artigo.asp?artigo=488>>. Acesso em: 16 abr. 2018

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de política agrícola. Departamento de gestão de risco rural. Coordenação-geral de zoneamento agropecuário. **INSTRUÇÃO NORMATIVA No 8, DE 11 DE JUNHO DE 2003**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 19 mai. 2018.

MARCUCCI, C. T. *et al*. TEORES DE TRIGONELINA, ÁCIDO 5-CAFEILOQUÍNICO, CAFEÍNA E MELANOIDINAS EM CAFÉS SOLÚVEIS COMERCIAIS BRASILEIROS. **Química Nova**, Londrina, v. 36, n. 4, p.1-1, 18 fev. 2013.

MARQUES, L. G. Liofilização de frutas tropicais. 2008. 255p. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, SP, 2008.

MARTINS, Ana Luiza. **História do Café**. São Paulo: Editora Contexto, 2008.

MARTINS, Eliseu. **Contabilidade de Custos**. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MESQUITA, Carlos Magno de et al. **Manual do café: colheita e preparo (Coffea arábica L.)**. Belo Horizonte: EMATER-MG, 2016. 52 p. il.

MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A. W.; ALMEIDA, S.; FERNANDES, D. Cultura de café no Brasil: Novo manual de recomendações. Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2002. 387p.

MEGLIORINI, E. **Custos**. São Paulo: Makron Books, 2001.

MELO, Washington L. de B. **A importância da informação sobre do grau de torra do café e sua influência nas características organolépticas da bebida.** São Carlos: 2004. Embrapa ISSN 1517-4786, 2004.

MENDONÇA, L. M. V. L. **Características químicas, físico-químicas e sensoriais de cultivares de *Coffea arabica* L.** 2004. 153 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

METTA, F. I. K.; AYROSA, A. M. I. B.; PALETTA, F. C. **O papel da liofilização na conservação de alimentos pelo controle de umidade.** In: Safety, Health and Environment World Congress, .12, 2012, São Paulo. Disponível em: <<http://copec.eu/congresses/shewc2012/proc/works/035.pdf>>. Acesso em: 03 abr. 2018.

MICROSOFT Office Excel. Version 4.1. [S.l.]: Microsoft Corporation, 2013. 1 CD-ROM.

MISSÃO SOMMELIER. **O Café Solúvel.** 2013. Disponível em: <<http://missaosommelier.com.br/o-cafe-soluvel/>>. Acesso em: 17 abr. 2018.

M&M ASSESSORIA. **Taxas de Depreciação.** 2018. Disponível em: <<https://www.mmcontabilidade.com.br/flash/taxasdepreciacao.htm>>. Acesso em: 02 nov. 2018.

MORAES, I. V. M. **Processamento de Café.** 2006. Disponível em: <<http://sbri.ibict.br/dossie-tecnico/downloadsDT/MTk=>>>. Acesso em: 16 abr. 2018.

MORENO, Fabian Leonardo. **Freeze Concentration of Coffee Extract: Study of Block and Falling-Film Techniques.** 2014. 139 p. Tese (Doutorado em Biociências) – Universidad de la Sabana, Chía, 2014.

MOURA, Silvia C. S. R de *et al.* Avaliações Físicas, Químicas e Sensoriais de *Blends* de Café Arábica com Café *Canephora* (Robusta). **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas v.19, n 4. 2007. Disponível em: <<http://mail.uniquecafes.com.br/pdf/journal02.pdf>>. Acesso em: 22 mai.2018.

MUJUMBAR, A. S. **Handbook of Industrial Drying.** 2. ed. New York: CRC Press, 1995. 742 p.

NASCIMENTO, M. S. **Comparação de Coagulantes Utilizados no Tratamento de Efluentes de uma Indústria de Café Solúvel por Meio da Avaliação do Ciclo de Vida Simplificada**. 2014. 97 p. Dissertação (Bacharel em Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Londrina, 2014.

NEVES, C. **A estória do café**. Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro do Café, 1974. 52 p.

NEVES, Lincoln W. de A. **Fazer ou Comprar: uma análise sob a perspectiva das teorias da Economia dos Custos de Transação e da Visão Baseada nos Recursos**. 2009. 171 p. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da PUC-Rio, Rio de Janeiro. 2009.

NICOLELLA, G.; MARQUES, J. F.; SKORUPA, L. A. **Sistema de gestão ambiental: aspectos teóricos e análise de um conjunto de empresas da região de Campinas**. São Paulo - Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004.

NISHIJIMA, Marislei; SAES, Maria S. M. Drawback para o café solúvel brasileiro: uma análise de mercado. **Revista de Economia Mackenzie**, São Paulo, v.6, n.2, p. 141-174, 2009.

NOGUEIRA, L. A. H.; FLORES, L. F. V. Potencialidade energética da borra de café para as indústrias de café solúvel. 1987. *Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico*, v. 13, n. 4, p. 15-25.

NOGUEIRA, Márcia; TRUGO, Luiz Carlos. Distribuição de isômeros de ácido clorogênico e teores de cafeína e trigonelina em cafés solúveis brasileiros. **Ciênc. Technol. Aliment.** Campinas, v. 23, n. 2, p. 296-299, 2003. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-20612003000200033&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612003000200033&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 21 Mai. 2018.

OLIVEIRA FILHO, Ulisses C. de. **Desenvolvimento de um secador “spray” para obtenção de pós finos de percussores de Nióbio**. 2007.137 p. Tese (Doutorado)-Departamento de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN.

ORDÓÑEZ, J. A. **Tecnologia de alimentos**: Componentes dos alimentos e processos. Porto Alegre: Artmed, v. 1, 2005. 294p.

OSAKO, Priscila F. **Estudo e Desenvolvimento de Vitamina de logurte e Frutas Liofilizadas**. 2012. 58 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo..

PALEARI, T. H. **Coagulantes naturais e coagulante químico para o tratamento de efluente de indústria de café solúvel**. 2014. 116 p. Dissertação (Bacharel em Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Londrina, 2014.

PANESAR *et al*, S. S. **Soluble Espresso Coffee**. US. n. 5,882,717, 16 Mar. 1999.

PANTALEDO, S. F. **Insalubridade e periculosidade – impossibilidade de acumulação dos adicionais**. 2017. Disponível em: <[http://www.guiatrabalhista.com.br/tematicas/insalubre\\_perigoso.htm](http://www.guiatrabalhista.com.br/tematicas/insalubre_perigoso.htm)>. Acesso em: 02 nov. 2018.

PÉREZ, I. V. **Caracterización del equipo piloto de crioconcentración de película alimentado con bomba peristáltica y variador de velocidad: ensayos con azúcares básicos**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Alimentos) – Universitat Politècnica de Catalunya, Castelldefels.

PERFOR. **Ensacadeira de Big-Bag**. 2018. Disponível em:<<http://perfor.ind.br/produto/ensacadeira-de-big-bag/>> Acesso: 28 out.2018.

PULIDO, A. S.; SHINTATE, P. T. **Diagnóstico Ambiental de Empreendimentos do Distrito Industrial Antônio Crepaldi – Presidente Prudente/SP**. Trabalho de conclusão (bacharelado – Engenharia Ambiental) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia. Presidente Prudente, 2011.

RELVAS , E.; PINTO, M. da C.; MONTEIRO, C. da R. **Arte e segredos do bom café: café básico**. Brasília: Ed Sebrae/ Rio de Janeiro: ABIC, p.40, 1997.

RELVAS, S. *et al*. **Integração de Processos: Uma metodologia de otimização energética e ambiental**. Setubal, Portugal: Polarpres, Lda., 2002.



**REVISTA CAFEICULTURA.** A evolução do cafézinho solúvel, descafeinado, liofilizado e espresso. 2006. Disponível em: <<http://revistacafeicultura.com.br/?mat=5926>>. Acesso em: 17 mar. 2018.

**REVISTA CAFEICULTURA.** IBGE prevê safra de café 2018 do Brasil em 53,2 mil sacas. 2018. Disponível em: <<http://revistacafeicultura.com.br/index.php?tipo=ler&mat=65629&ibge-preve-safra-de-cafe-2018-do-brasil-em-53-2-mi-sacas.html>>. Acesso em: 16 abr. 2018.

RIBEIRO *et al*, Bruno B.I. Avaliação química e sensorial de blends de *Coffea canephora* Pierre e *Coffea arabica* L. **Coffee Science**, [S.l.], v. 9, n. 2, p. 178-186, mai. 2014. ISSN 1984-3909. Disponível em: <<http://www.coffeescience.ufla.br/index.php/Coffeescience/article/view/596>>. Acesso em: 31 Maio 2018.

RIBEIRO, Pedro F. de A. C. **Processo de Liofilização de Produtos Alimentares Perecíveis**. 2012. 117 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2012.

ROBLES JÚNIOR, A R. **Custos da qualidade, uma estratégia para a competição global**. São Paulo: Atlas, 1994.

RODRIGO, António Pires. **A Liofilização e a resistividade aplicadas à tecnologia farmacêutica**. 1968. Tese de candidatura ao título de professor agregado - Faculdade de farmácia da Universidade de Lisboa, Lisboa, 1968.

ROSA, G. P.; CRACO, T.; REIS, Z. C.; NODARI, C. H. A reorganização do layout como estratégia de otimização da produção. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Bauru, Ano 9, nº 2, abr-jun/2014, p. 139-154.

ROSA *et al.*, S. D. V. F. da Effects of different drying rates on the physiological quality of *Coffea canephora* Pierre seeds. **Braz. J. Plant Physiol.**, Londrina, v. 17, n. 2, p. 199-205, June 2005. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1677-04202005000200002&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1677-04202005000200002&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 18 Marc. 2018.

SAARI, J. **Heat exchanger dimensioning**. LAPPEENRANTA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY. Finlândia, 2010. Disponível em: <[https://sistemas.eel.usp.br/docentes/arquivos/5817712/LOQ4086/saari\\_\\_heat\\_exchanger\\_dimensioning.pdf](https://sistemas.eel.usp.br/docentes/arquivos/5817712/LOQ4086/saari__heat_exchanger_dimensioning.pdf)>. Acesso em: 26 out. 2018.

SAES, M. S. M. **A racionalidade econômica da regulamentação no mercado brasileiro de café**. 1995. Tese (Doutorado em economia) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo, São Paulo.

Sánchez, J., Ruiz, Y., Auleda, J. M., Hernandez, E., & Raventos, M. 2009. Review. **Freeze Concentration in the Fruit Juices Industry**. Food Science and Technology International, v. 15, 303–315 p.

SANTOS, L. C. **Percepção das estratégias organizacionais e dos fatores críticos de sucesso das micro e pequenas empresas de cafés em Brasília**. 2011a. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Administração) - UNB, Brasília.

SANTOS, J. O. **Valuation um guia prático**: metodologias e técnicas para análise de investimentos e determinação do valor financeiro de empresas: São Paulo: Saraiva, 2011b.

SASA. **Ensacadeira automática para sacos abertos SASA**. 2018. Disponível em: <<https://www.sasa.com.br/produto/ensacadeira-automatica-para-sacos-abertos-sasa>>. Acesso em: 28 out.2018.

SCAA. **Coffee Brewing - Wetting, Hydrolysis & Extraction Revisited**. [201-]. Disponível em: < <http://www.scaa.org/PDF/CoffeeBrewing-WettingHydrolysisExtractionRevisited.pdf>>. Acesso em: 22 mai. 2018.

SCHOLZ *et al*, M. B. dos S. Características físico-químicas de grãos verdes e torrados de cultivares de café (*Coffea arabica L.*) do Iapar. **Coffee Science**, v. 6, n. 3, p. 245-255, 2011.

SEBRAE. **O que é e como funciona o capital de giro?**. 2018. Disponível em: < <http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/o-que-e-e-como-funciona-o-capital-de-giro,a4c8e8da69133410VgnVCM1000003b74010aRCRD>>. Acesso em: 04 nov. 2018.

SESAMM. **As 8 etapas do tratamento de esgoto**. 2018. Disponível em: <<http://www.sesamm.com.br/pagina/decantadore-secundario/>>. Acesso em: 25 out. 2018.

SIGMA. **Desarenadores**. 2018. Disponível em: <<http://sigma.ind.br/produto/desarenadores>>. Acesso em: 25 out. 2018.

SILVA, D. R. C. da. **Dimensionamento e análise comparativa de estações de tratamento de esgotos utilizando o processo de lodos ativados convencional e de aeração prolongada**. 2015. 89 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de curso) – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2015.

SILVA, Luis C. da. Café: fruto, grão e bebida. **Boletim Técnico**: Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2012.

SILVA, T. L. da. **Metodologia aplicada ao uso e cobertura da terra de regência (Linhares-ES), como ferramenta de planejamento municipal**. 2014. 86p. Monografia-Departamento de Geografia da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória.

SILVEIRA, C. E. da. **Análise Econômico-Financeira de uma empresa de pequeno porte da Indústria Eletrônica**. 2012. 48 p. Dissertação (Bacharel em Administração) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Porto Alegre, 2012.

SIVETZ, M.; DESROSIER, N. W. **Coffee technology**. Westport, Connecticut: AVI Publishing Company, 1979. 716 p.

SOUZA, F. F. *et al.* **Características das principais variedades de café cultivadas em Rondônia**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2004 - EMBRAPA 2004.

TAKE COFFEE. **Você sabe o que é café liofilizado?**. 2018. Disponível em: <<http://takecoffee.com.br/voce-sabe-o-que-e-o-cafe-liofilizado/>>. Acesso em: 16 abr. 2018.

TECHNAVIO. **A Look and Instant Coffee Pricing and the Global Market Landscape**. 2015. Disponível em: <<https://www.technavio.com/blog/a-look-and-instant-coffee-pricing-and-the-global-market-landscape>>. Acesso em: 25 mar. 2018.

TERRONI, H. C. *et al.* **Liofilização**. Revista Científica UNILAGO, 2013. p. 271-284.

TODA, Tatiane Akemi; SCHARLACK, Nayara Kastem; RODRIGUES, Christianne Elisabete da Costa. Extração de óleo da borra de café utilizando solvente renovável para agregação de valor aos resíduos do processamento do café solúvel. **Anais**. Campinas: Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas, 2015.

TRACY, J. **MBA Compacto**: Finanças. São Paulo: Campus, 2004.

TRUGO, Luiz C. *et al.* **Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition**. USA: ADVISORY BOARD, 2003. 6290 p.

USDA. Coffee: World Markets and Trade. 2017.

VANEGAS, Jaime Daniel Bustos. **Modelagem das propriedades físicas e da transferência de calor e massa dos grãos de café durante a torrefação**. 2015. 75 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015.

VENTURI, J. R; SOARES, A. M; OLIVEIRA, H. L. P. R; DA SILVA, R. A. Eficiência do sistema de flotação no tratamento de esgoto. **Revista Geográfica de América Central**. Costa Rica, p. 1-8, 2011.

VIGNOLI, J. A.; BASSOLI, D. G.; BENASSI, M. T. Atividades antioxidantes do café torrado solúvel: padronização e validação de métodos, **Coffee Science**, Vol. 7, N<sup>o</sup> 1, 68-75, 2012.

VIOTTO, L. A. Projeto e Avaliação Econômica de Sistemas de Secagem de Borra de Café. 1991. Tese de Mestrado – Unicamp. Campinas, 1991.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2005. v.1, 3 ed., DESA, Ed. UFMG.

XIMENES, L. J. F; VIDAL, M. de F. **Produtor de café no Brasil: mais agro e menos negócio. n.12. [S.l]: Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste – ETENE.** 2017. 15p. Disponível em:  
<[https://www.bnb.gov.br/documents/80223/2320766/cafes\\_12\\_2017\\_FINAL.pdf/c77e62a8-fe5e-c938-18c9-b7d4766a2921](https://www.bnb.gov.br/documents/80223/2320766/cafes_12_2017_FINAL.pdf/c77e62a8-fe5e-c938-18c9-b7d4766a2921)> Acesso em: 03 mar. 2018.

WEB ARCONDICIONADO. **Tarifa elétrica (kwh): valores e ranking das principais cidades.** 2017. Disponível em:  
<<http://www.webarcondicionado.com.br/tarifa-de-energia-eletrica-kwh-valores-e-ranking-cidades/>>. Acesso em: 30 out. 2018.

WERNKE, R. **Gestão de Custos: uma abordagem prática.** São Paulo: Atlas, 2001.

ZANLUCA, J. C. **Os incentivos fiscais aos exportadores.** [201-]b. Disponível em: < [http://www.portaltributario.com.br/guia/rec\\_bruta.html](http://www.portaltributario.com.br/guia/rec_bruta.html)>. Acesso em: 02 nov. 2018.

ZYLBERSTAJN *et al*, D. **O sistema agroindustrial do café: um estudo da organização do agribusiness do café visto com a chave de competitividade.** Porto Alegre: Ortiz, 1993. 277 p.

## ANEXOS

## ANEXO A- Resumo das características dos graus de torra

Estágio	Propriedades dos grãos	Perda de Massa	Número Agtron	Temperatura (°C) (F)	Aparência do grão
<b>Cru</b>	Grão cru tem 12% de água /massa.	0.0%	99-81	Temp. ambiente	verdes.
<b>Cinnamon</b>	Vapores voláteis causam a expansão dos grãos.	13.0%	80-75	90-130	Marrom claro. Corpo claro, mínimo aroma, sabor parecido com chá. Nenhum óleo na superfície do grão.
<b>American</b>	Os grãos ainda estão expandindo. Este é o estágio em que o primeiro <i>crack</i> começa. Acidez mais alta do que açúcar.	14.0%	74-65	170-190	Marrom escuro. Grande em tamanho. Evidente acidez, Superfície do grão mantida seca.
<b>City</b>	Grão quase no máximo de expansão. O estágio do <i>crack</i> encerra.	15.0%	64-60	210-220	Rachaduras no grão devido a liberação de gases.
<b>Full City</b>	Máxima expansão dos grãos. Balanço de ácidos açúcares. Inicia o estágio do segundo <i>crack</i> .	16.5%	60-50	224-230	Lascas do grão começam a voar. Óleo está levemente visível. Acidez balanceada, corpo mais completo. Superfície do grão geralmente seca.
<b>Vienna</b>	Mais gases são liberados. O estágio do segundo <i>crack</i> encerra.	17.0%	49-45	230-235	Marrom mais escuro. Grãos tem óleo sobre si. Emerge amargor adocicado. Baixa acidez, corpo pesado.
<b>Espresso</b>	Decresce os aromas Açúcares carameliza.	18.0%	44-35	235-240	Preto com manchas de óleo, superfície brilhante. Amargor doce domina a acidez.
<b>French</b>	Ácidos decresce radicalmente. Açúcares carameliza.	19.0%	34-25	240-246	Preto escuro. Muito óleo. Cheiro de queimado. Coberto com óleo. Tons de amargo domina. Corpo fino.
<b>Italian</b>	Grãos perdem o sabor característico do café.	20.0%	24-15	246-265	Preto. Superfície brilhante. Tons amargo queimado dominam.

Fonte: MELO (2004).

## ANEXO B – Entalpias

Quadro 18 – Valores de entalpias para Água, Amônia, Ar e Freon em diversas temperaturas e pressões

Temperatura (°C)	Pressão (MPa)	Entalpia (kJ.kg <sup>-1</sup> )			
		Água	Amônia	Ar	Freon
-54	0,03	-	-61,17	-	-
-50	0,04	-	-43,76	-	-
-30	0,2	-	-	-	10,7
-15	0,2	-	-	-	247,2
	0,3				27,3
-5	0,4	-	-	-	248,1
25	3,2.10 <sup>-3</sup>	104,9	-	-	-
90	3,2.10 <sup>-3</sup>	2669,0	-	-	-
100	0,1	2676,0	-	-	-
110	1,2	462,0	-	-	-
126	1,3	530,0	-	-	-
142	1,4	598,4	-	-	-
158	1,5	667,4	-	-	-
174	1,6	737,1	-	-	-
190	1,7	807,8	-	-	-
204	0,1	2796,0	-	-	-
220	0,1	-	-	496,3	-
240	0,1	-	-	516,9	-
360	0,1	3196,0	-	-	-

Fonte: *Computer Aided Thermodynamic Tables 3* (2018).

## APÊNDICES

### APÊNDICE A – Cálculo das entalpias para os extratos em cada percolador

As entalpias para cada extrator foram calculadas de acordo com a Equação 103.

$$H_E = x_A h_A + x_{Ca} C_p T \quad (103)$$

Em que o  $x_{Ca}$  será considerado como sendo a fração de sólidos totais presentes no extrato e seu calor específico é aproximado para o  $C_p$  do café de  $4,19 \text{ kJ.kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  (BORÉM *et al*, 2001). Portanto, baseado nessas informações, juntamente com os dados fornecidos nas Tabelas 7–11 (páginas 69–74) e os valores de entalpias para água encontrados no ANEXO B, pode-se realizar os cálculos sendo seus resultados apresentados no Tabela 47.

Tabela 47 – Entalpias para correntes

Corrente	Umidade	Sólidos Totais	Entalpia ( $\text{kJ.kg}^{-1}$ )
30	0,9654	0,0346	723,49
33	0,9267	0,0733	641,39
36	0,8833	0,1167	561,33
39	0,8342	0,1658	483,42
42	0,7781	0,2219	407,74

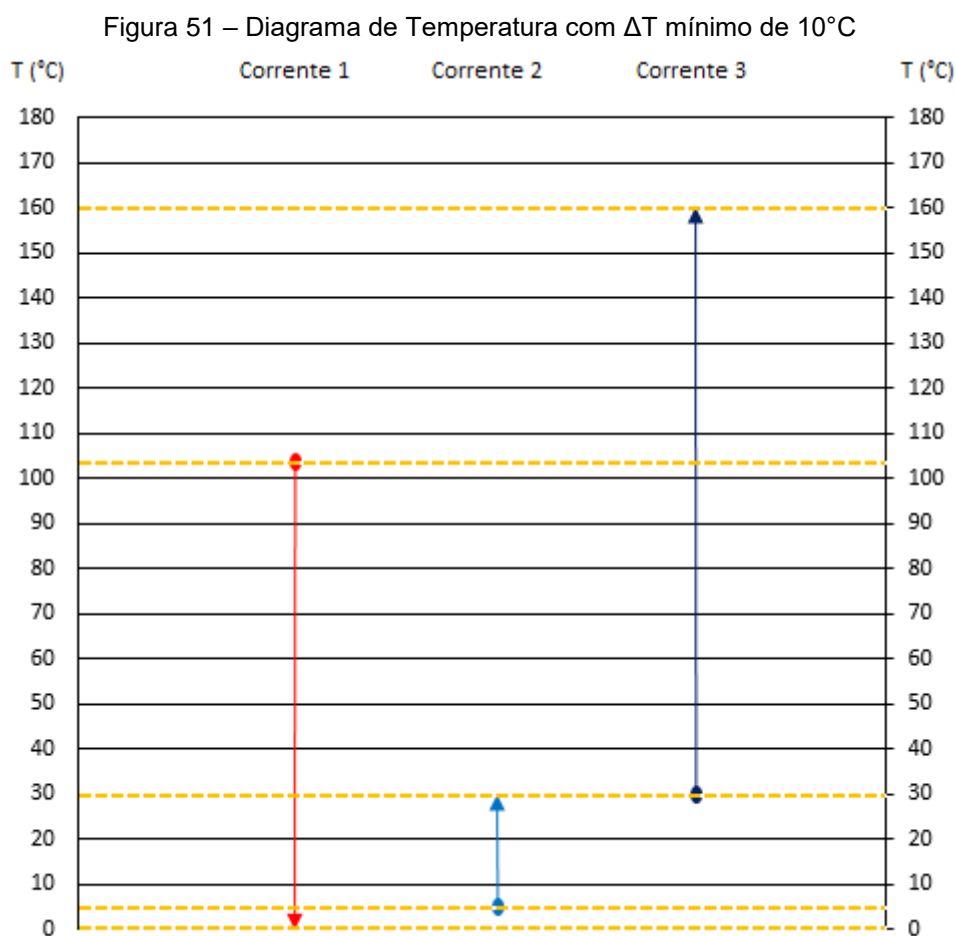
Fonte: Autoria Própria, 2018.



## APÊNDICE B – Integração Energética

As características das correntes quentes e frias para realização da integração energética estão disponíveis nas Tabelas 18 e 19 (página 88).

Em posse dos valores disponíveis nas tabelas acima e considerando um  $\Delta T$  mínimo de  $10^{\circ}\text{C}$ , pode-se construir um diagrama de temperatura para a integração (Figura 51).



Fonte: Autoria Própria, 2018.

Baseado nos intervalos presentes no diagrama, pode-se elaborar uma tabela (Tabela 48). A metodologia utilizada foi o método Pinch, que se baseia no conceito *Pinch Point*, na qual é fornecido informações sobre o processo, permitindo assim uma análise das potencialidades da integração. (RELVAS *et al*, 2002). A tabela foi elaborada maneira que o Pinch da integração fosse encontrado.

Tabela 48 – Valores dos calores para o método Pinch

Intervalo	m.Cp.ΔT – Quente (Q) (KJ.s <sup>-1</sup> )	m.Cp.ΔT – Frio (F) (KJ.s <sup>-1</sup> )	Q+F (KJ.s <sup>-1</sup> )	Cascata	Cascata Acumulada
					211,4267
Intervalo 1	0	211,4247	211,4267	-211,4267	0 <sub>Pinch</sub>
Intervalo 2	-431,7663	288,2929	-143,4734	-67,9513	143,4734
Intervalo 3	-143,9270	109,2858	-34,6412	-33,3101	178,1146
Intervalo 4	-28,7853	0	-28,7853	-4,5248	206,8999

Fonte: Autoria Própria, 2018.

Como visto na Tabela 48, o Pinch da integração se dá no primeiro intervalo. Dessa maneira, levando em consideração o Pinch e fazendo uso do balanço de energia (Equação 104)

$$Q = m \cdot Cp \cdot \Delta T \quad (104)$$

Pode-se calcular o calor da utilidade quente e fria, acima e abaixo do Pinch.

- Acima do Pinch

Corrente 3 - Fria

$$Q = 0,9174 * 4,19 * (160 - 105)$$

$$Q = 211,4247 \text{ kJ.s}^{-1}$$

Portanto, faz-se necessário a utilização de uma utilidade quente, de modo a fornecer uma calor equivalente a 211,4247 kJ.s<sup>-1</sup>.

- Abaixo do Pinch

Corrente 1

$$Q = 1,6217 * 3,55 * (0 - 105)$$

$$Q = -604,4784 \text{ kJ.s}^{-1}$$

Corrente 2

$$Q = 1,0433 * 4,19 * (30 - 5)$$

$$Q = 109,2856 \text{ kJ.s}^{-1}$$

## Corrente 3

$$Q = 0,9174 * 4,19 * (105 - 30)$$

$$Q = 288,2929 \text{ kJ.s}^{-1}$$

Pode-se observar três valores de calor, sendo que o calor liberado na corrente 1 ( $-604,48 \text{ kJ.s}^{-1}$ ) troca calor com a corrente 2 ( $109,28 \text{ kJ.s}^{-1}$ ) resultando ainda na liberação de  $-495,19 \text{ kJ.s}^{-1}$ . Esse calor liberado é aproveitado na troca térmica com a corrente 3 ( $288,29 \text{ kJ.s}^{-1}$ ), fazendo-se necessário uma utilidade fria de maneira que o calor resultante seja nulo. Dessa forma a utilidade fria deverá absorver um calor igual a  $206,90 \text{ kJ.s}^{-1}$ .

## APÊNDICE C – Dimensionamento dos equipamentos da Estação de Tratamento de Efluentes

Para a realização do dimensionamento foi necessário o cálculo da vazão total de entrada na ETE.

Parte da vazão de água proveniente da liofilização foi reutilizada nos vasos sanitários da empresa, uma vez que essa pode ser considerada limpa, reduzindo assim a quantidade de água potável requerida, trazendo benefícios para a indústria e o meio ambiente. A outra parte, por sua vez, será encaminhada diretamente para ETE.

O cálculo da água utilizada nos vasos sanitários, deu-se pela Equação 104:

$$F_U = \frac{\text{Litro de água}}{\text{Descarga}} \cdot \frac{\text{Descarga}}{\text{Funcionário}} \cdot \text{Funcionário} \quad (105)$$

Considerando que para cada descarga utiliza-se 12L de água, que o ser humano vai em média 5 vezes por dia ao banheiro e a quantidade de funcionários da empresa (páginas 121-122), pode-se encontrar que água total utilizada ( $F_U$ ) no mesmo será de  $0,4725 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ . Portanto:

$$F_L = F_{68} - F_U \quad (106)$$

Sendo  $F_{68}$  a vazão de água proveniente do liofilizador e  $F_L$  o restante da água do liofilizador após a reutilização.

Outras considerações a serem feitas estão relacionadas ao consumo total de água no dia por pessoa, em média  $180 \text{ L} \cdot \text{dia}^{-1}$ , e a água utilizada na fábrica em geral ( $176000 \text{ L} \cdot \text{dia}^{-1}$ ). Sabendo que,  $F_U$  está englobado no consumo total diário dos funcionários, tem-se que:

$$F_{CO} = \frac{\text{Litro de água consumido}}{\text{Dia} \cdot \text{Funcionário}} \cdot \text{Funcionário} \quad (107)$$

$$F_{TF} = 176000 + F_{CO} - F_U \quad (108)$$

A Tabela 49 apresenta todas as correntes consideradas para tal cálculo, assim como o total da vazão de entrada da ETE.

Tabela 49 – Vazão para correntes de entrada para ETE

Corrente	Vazão (t/h)	Vazão (m <sup>3</sup> /h)
48	204,35*	2,72
52	3755,90*	0,20
58	2715,00*	3,78
F <sub>L</sub>	-	0,02
F <sub>TF</sub>	-	8,28
<b>TOTAL</b>		15,00

\*Densidade utilizada de 997 Kg.m<sup>-3</sup> para temperatura de 25°C (*Computer Aided Thermodynamic Tables 3* (2018)).

Fonte: Autoria Própria (2018).

Em posse da vazão de entrada é possível calcular a vazão máxima e mínima de entrada na ETE.

$$Q_{MX} = 1,5Q \quad (109)$$

$$Q_{MX} = 22,50 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

$$Q_{MN} = 0,5Q \quad (110)$$

$$Q_{MN} = 7,50 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

Onde 1,5 e 0,5 são, respectivamente, o coeficiente da hora de maior e menor consumo (VON SPERLING, 2005).

- Gradeamento e Calha Parshall

Como dito, a Calha Parshall trabalha em conjunto com o gradeamento, portanto, o dimensionamento desses devem ocorrer juntos. Para que o mesmo ocorra é necessário que a velocidade na calha ( $V_g$ ) seja arbitrada, uma vez que em posse da mesma juntamente com a vazão máxima pode-se encontrar a área de gradeamento utilizada (Equação 110).

$$Q_{MX} = Ar'_U \cdot V_g \quad (111)$$

Logo, para uma  $V_g$  igual a  $0,8 \text{ m.s}^{-1}$  tem-se que a área utilizada é de  $0,01 \text{ m}^2$ .

Para que as dimensões da mesma sejam encontradas, faz-se necessário o cálculo da altura da Calha, que deverá ser a mesma altura da grade, assim como sua largura. Essas são dadas por:

$$Q_{MX} = K.H^N \quad (112)$$

Em que:

$Q_{MX}$  – vazão máxima de entrada;

$K$  – constante que depende das dimensões da calha e ajuste da unidade de engenharia;

$N$  – valor numérico que difere ligeiramente de  $3/2$ ;

$H$  – altura da Calha.

$K$  e  $N$  são tabelados de acordo com a altura nominal da Calha e também pela vazão máxima e mínima entrada. A Figura 52 dispõe desses valores, enquanto a Figura 53, apresenta a relação entre as vazões máxima e mínima e a largura da garganta da Calha.

Figura 52 – Valores para largura da garganta ( $W$ ) em função da vazão.

Largura da Garganta	Capacidade de Vazão	
	$W$ (inch)	Min ( $\text{m}^3/\text{h}$ )
1"	0,51	6,5 - 15,3
2"	1,02	15,0 - 30,6
3"	3,06	40,0 - 194
6"	5,11	398
9"	9,18	907
12"	11,2	1641
18"	15,3	2508
24"	42,8	3374
36"	62,3	5138
48"	132	6922
60"	163	8726
72"	265	10551
84"	306	12376
96"	357	14221

Fonte: ASTM (1991).

Figura 53 – Valores de N e K em função da largura da garganta (W)

Valores de n – K [para vazão em m <sup>3</sup> /h]				
	W		n	K
	[inch]	[mm]		
1"	25,4		1,550	217,29
2"	50,8		1,550	434,58
3"	76,2		1,547	633,60
6"	152,4		1,580	1371,60
9"	228,6		1,530	1926,00
12"	304,8		1,522	2484,00
18"	457,2		1,538	3794,40
24"	609,6		1,550	5133,60
36"	914,4		1,566	7855,20
48"	1219,2		1,578	10566,00
60"	1524,0		1,587	13420,80
72"	1828,8		1,595	16254,00
84"	2133,6		1,601	19101,60
96"	2438,4		1,607	21963,60

Fonte: ASTM (1991).

Portanto, em posse das informações presentes na Figuras acima e da Equação 111, encontrou-se a altura máxima da Calha Parshall e a largura da garganta da Calha (Tabela 50).

Para o cálculo da secção transversal do canal até o nível d'água (Equação 112) faz-se necessário que o espaçamento entre as barras (a) e sua espessura (t) sejam arbitradas. Portanto, a *Acoffee* determina que esses serão respectivamente 15 mm e 5 mm.

$$S = Ar'_u \left( \frac{a+t}{a} \right) \quad (113)$$

Sendo

$$b = \frac{S}{H_{MX}-Z} \quad (114)$$

$$\frac{Q_{MN}}{Q_{MX}} = \frac{H_{MN}-Z}{H_{MX}-Z} \quad (115)$$

Onde:

S – área da seção do canal;

Ar'<sub>u</sub> – área utilizada;

a – espaçamento entre as barras;

t – espessura das barras;

B – largura do canal da grade;

Z – altura.

A Tabela 50 apresenta os valores das dimensões da Calha Parshall e do gradeamento.

Tabela 50 – Dimensionamento Calha Parshall e Gradeamento

<b>Dimensão</b>	<b>Calha Parshall</b>	<b>Gradeamento</b>
L (m)	0,15	-
B (m)	0,15	0,20
H (m)	0,12	0,15

Fonte: Autoria Própria (2018).

Para uma largura de 0,20 m serão necessárias 10 barras, para compor o sistema de gradeamento.

- Desarenador

As medidas do desarenador são definidas por meio da Equação 111, na qual a velocidade considerada será de  $0,3 \text{ m.s}^{-1}$ , velocidade que se encontrar dentro dos valores encontrados na literatura. Além disso, será necessário o uso de duas outras equações (Equação 116 e 117) de modo a se encontrar a largura e o comprimento do mesmo.

$$B = \frac{Ar'}{H_{MX}-Z} \quad (116)$$

$$L = Q_{MX}(H_{MX} - Z) \quad (117)$$

Os resultados obtidos encontram-se na Tabela 51.

Tabela 51 – Dimensionamento Desarenador

<b>Dimensão</b>	<b>Desanerador</b>
L (m)	1,3
B (m)	0,4
H (m)	0,5

Fonte: Autoria Própria (2018).

- 1º Decantador



Para o dimensionamento do decantador a *Acoffee* considerará que a taxa de escoamento superficial (TAS) será de  $90 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ . Em posse dessa informação e das equações citadas abaixo pode-se calcular o diâmetro do equipamento.

$$Ar'_S \cdot q = Q_{MX} \quad (118)$$

Admitindo 1 decantador

$$Ar'_S = Ar_D \quad (119)$$

De maneira a encontrar o volume do decantador, optou-se por arbitrar a altura do decantador, sendo esse então calculado por meio da equação do volume do cilindro. Os resultados estão dispostos na Tabela 52.

Tabela 52 – Dimensionamento 1º Decantador

Dimensão	1º Decantador
H (m)	4,0
D (m)	2,8
A (m <sup>2</sup> )	6,0
V (m <sup>3</sup> )	24,6

Fonte: Autoria Própria (2018).

Considerando uma relação de altura por raio de 0,08, pode-se calcular a altura de fundo do decantador (h), obtendo  $h = 0,112 \text{ m}$ . Posteriormente, pode-se calcular o volume de fundo, encontrando um resultado de  $0,672 \text{ m}^3$ .

Com base nesses dados, conclui-se que será utilizado um único decantador com o volume total de aproximadamente  $25,50 \text{ m}^3$ .

A verificação do tempo de detenção hidráulica é dado pela Equação 120.

$$\tau = \frac{V}{Q} \quad (120)$$

Verificando o tempo de detenção hidráulica para as vazões máxima e média obteve-se os valores próximos de 1,09 h e 1,6 h. Estes valores estão de acordo com a NBR 12.209 (ABNT, 2011) que diz que o tempo de detenção

hidráulica para as vazões máxima e médias devem ser superior a 1h e inferior a 3h, respectivamente.

- Equalizador

Para o equalizador, será considerado um tempo de detenção de aproximadamente 3 horas e que esse será um tanque quadrado. Sendo a vazão equivalente ao volume por tempo, pode-se encontrar o volume do equipamento, arbitrando-se a dimensão do mesmo. Os dados estão dispostos na Tabela 53.

Tabela 53 – Dimensionamento Equalizador

Dimensão	Equalizador
H (m)	4
B (m)	3
L (m)	4
V (m³)	45

Fonte: Autoria Própria (2018).

- Reator Biológico

Para o reator biológico o dimensionamento se dará por meio da Equação 121.

$$V = \frac{Y \cdot \theta_c \cdot Q \cdot (S_0 - S)}{X_V (1 + k_d \cdot f_b \cdot \theta_c)} \quad (121)$$

Em que:

V – volume;

Y – coeficiente de produção celular (g SSV<sub>produzida</sub> / g DBO<sub>5removida</sub>);

K<sub>d</sub> – coeficiente de respiração endógena (d<sup>-1</sup>);

F<sub>b</sub> – fração biodegradável dos SSV para uma idade de lodo  $\theta_c = 0$ ;

$\theta_c$  – idade do lodo;

S<sub>0</sub> – concentração de substrato, ou DBO, afluyente;

S - concentração de substrato, ou DBO, efluente;

Q – vazão efluente.

De maneira a simplificar a resolução da equação, optou-se por arbitrar os valores dos parâmetros presentes na Equação 121 (SILVA, 2015). Os valores encontram-se na Tabela 54.

Tabela 54 – Valores adotados para os parâmetros

Parâmetro	
Y	0,6
K <sub>d</sub>	0,08
F <sub>b</sub>	0,8
θ <sub>c</sub>	7 dias
S <sub>0</sub>	218,6 mg.L <sup>-1</sup>
S	30 6 mg.L <sup>-1</sup>
Q	15 m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup>

Fonte: Adaptado SILVA (2015).

A idade do lodo adotada está de acordo com a Norma NBR 12.209 (ABNT, 2011), pois variação da idade do lodo está entre 4 dias e 15 dias, para o sistema convencional.

Portanto, o volume encontrado, considerando os dados da Tabela 54 e a Equação 120, foi de 92,5 m<sup>3</sup>, assumindo assim uma altura de 4,5 m, um comprimento de 6,0 m e uma largura de 3,5 m.

Verificando o tempo de detenção por meio da Equação 120, obteve-se um valor de 0,25 dias, equivalente a 6 horas.

- 2º Decantador

O dimensionamento no 2º decantador se deu da mesma maneira que do que 1º decantador, alterando somente a TAS (25 m<sup>3</sup>.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>) no processo de decantação secundária. Os valores obtidos são apresentados na Tabela 55.

Tabela 55 – Dados 2º Decantador

Dimensão	2º Decantador
H (m)	4,0
D (m)	5,82
A (m <sup>2</sup> )	26,67
V (m <sup>3</sup> )	106,67

Fonte: Autoria Própria (2018).

O resultado da verificação do tempo de detenção foi de 7,11 h para a vazão média. Resultados que atendem a NBR 12.209 (ABNT, 2011), pois este é superior a 1,5 horas.

- Flotador

Adotando um tempo de detenção de 30 min para o equalizador, e levando em consideração que vazão é definida como a razão entre volume e tempo, tem-se que o volume requerido para o flotador é 7,5 m<sup>3</sup>. Portanto, arbitrando-se as dimensões tem-se os resultados dispostos na Tabela 56.

Tabela 56 – Dimensão Flotador

<b>Dimensão</b>	<b>Flotador</b>
H (m)	2,0
L (m)	1,5
B (m)	2,5
V (m <sup>3</sup> )	7,5

Fonte: Autoria própria (2018)

## APÊNDICE D – Determinação da área dos trocadores de placa, resfriador, aquecedor e condensadores utilizados no processo de produção

- Determinação da área dos trocadores de calor de placa pelo método da efetividade.

De acordo com Incropera (2008), tem-se que :

$$NUT = \frac{U.A}{Cp_{\min}} \quad (122)$$

Sendo:

NUT – Número de unidades de transferência;

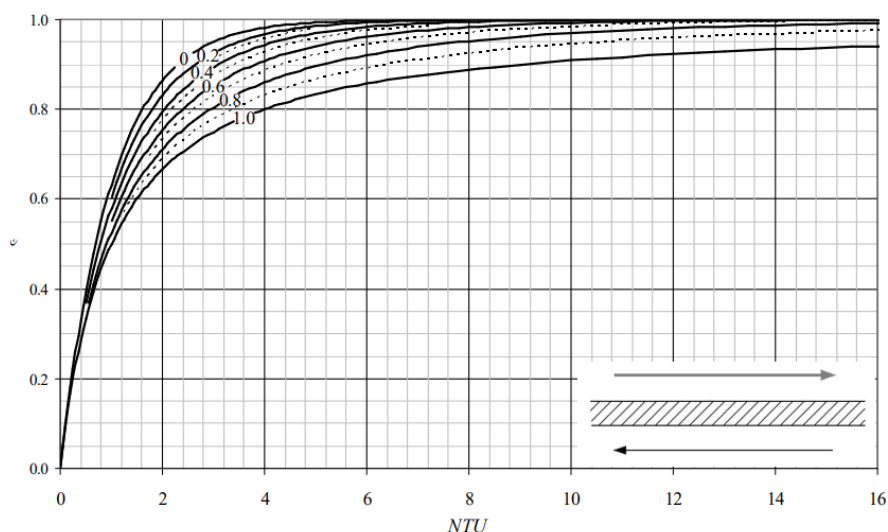
U – Coeficiente global de transferência de calor;

A – Área de troca térmica;

$Cp_{\min}$  – Capacidade calorífica mínima.

Levando em consideração a relação entre a efetividade da transferência de calor e o NUT (Figura 54), por meio dos valores dispostas nas Tabelas 18 e 19, dos intervalos de temperatura apresentados na Figura 51 do Apêndice B, e assumindo-se que para os trocadores de calor TC-401 e TC-402, o coeficiente global de transferência de calor é aproximadamente  $1400 \text{ W.m}^{-2}.\text{C}^{-1}$ , conforme Çengel (2012), determinou-se as áreas de troca térmica. Essas são apresentadas na Tabela 57.

Figura 54 – Relação de efetividade e NUT para trocadores de calor com contrafluxo



Fonte: SAARI (2010).

Tabela 57 – Dados dos Trocadores de placas utilizados no processo de produção

	<b>TC-401</b>	<b>TC-402</b>
$C_{p_{min}}$ (KW.K <sup>-1</sup> )	3,84	4,37
$CP_{min}/CP_{max}$	0,67	0,76
$Q_{MAX}$ (kJ.h <sup>-1</sup> )	326,75	153,00
$Q_{Trocado}$ (kJ.h <sup>-1</sup> )	288,31	109,29
Efetividade	0,88	0,71
NUT	3,60	1,90
$U$ (w.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> )	1400,00	1400,00
$A$ (m <sup>2</sup> )	9,88	5,93

Fonte: Autoria própria(2018)

- Determinação da área dos condensadores

No processo de produção da *Acoffee*, são utilizados condensadores para conversão do vapor de água liberado na caldeira a líquido comprimido destinado à extração, bem como na câmara de secagem, a fim de promover a condensação do vapor de água. Abaixo, serão apresentados os cálculos para ambos condensadores.

- C-501

Por meio do balanço de energia para o condensador tem-se que ocorre a liberação de  $4,1665 \cdot 10^4$  kJ.h<sup>-1</sup> (11,5736 kJ.s<sup>-1</sup>) e as variações de temperatura do fluido refrigerante e da água são, sequencialmente -54 a -50°C e -30 a -50°C, conforme apresentado no balanço de energia.

Conforme Incropera (2008), o calor pode calculado por:

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T_{ml} \quad (123)$$

$$\Delta T_{ml} = \frac{(T_{q\ sai} - T_{f\ sai}) - (T_{q\ entra} - T_{f\ entra})}{\ln\left(\frac{(T_{q\ sai} - T_{f\ sai})}{(T_{q\ entra} - T_{f\ entra})}\right)} \quad (124)$$

sendo  $T_q$  e  $T_f$  as temperaturas de entrada e saída dos fluidos quente e frio.

Assumindo-se que o coeficiente global é 1150 W/m<sup>2</sup>°C (CENGEL, 2002), utilizando os dados citados, juntamente com as Equações 123 e 124, obteve-se o condensador C-501 apresenta  $\Delta T_{ml}$  igual a 5,77 °C e portanto área de 1,74 m<sup>2</sup>.

- C-601

Conforme apresentado na Figura 36, inicialmente tem-se o vapor proveniente da turbina a 204°C e a condensação de parte desse a líquido comprimido com temperatura de 190°C. Para as seguintes condições, de acordo com o ANEXO B, tem-se que as entalpias são respectivamente, 2796 kJ.kg<sup>-1</sup> e 807,8 kJ.kg<sup>-1</sup>.

Segundo Cengel (2012), o coeficiente global de transferência de calor para um condensador de vapor é 6000 W.m<sup>2</sup>.K<sup>-1</sup>, assumindo-se tal valor por meio das Equações 123 e 124 e dos dados termodinâmicos determinou-se a área. A Tabela 58 apresenta os dados calculados:

Tabela 58 – Dados do condensador C-601

<b>C-601</b>	
Q <sub>ÁGUA</sub> (kJ. s <sup>-1</sup> )	4361381,79
A (m <sup>2</sup> )	51,92

Fonte: Autoria própria(2018)

- Determinação da área do resfriador

A Tabela 59 apresenta os intervalos de temperatura dos fluidos que percorrem o resfriador.

Tabela 59 – Dados dos fluidos no R-401

<b>R-401</b>		
	<b>T<sub>inicial</sub> (°C)</b>	<b>T<sub>final</sub> (°C)</b>
EXTRATO (Correntes 46 e 47)	10	5
R-22	-30	-15

Fonte: Autoria própria (2018)

Considerando-se que o resfriador é um trocador de calor do tipo bitubular com escoamento contracorrente, que o refrigerante R-22 possui calor específico  $1,26 \text{ kJ.kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$  (HIMMELBLAU; RIGGS, 2006) e sabendo-se que apresenta uma vazão de  $0,89 \text{ kg.s}^{-1}$ , determinou-se a efetividade.

Segundo Incropera (2008), a efetividade pode ser relacionada, para esse tipo de trocador, com o número adimensional NUT pela equação 125.

$$\varepsilon = \frac{1 - e^{(-NUT \cdot (1 - C_r))}}{1 - C_r \cdot e^{(-NUT(1 - C_r))}} \quad (125)$$

Sendo:

$$C_r = \frac{CP_{Min}}{CP_{Máx}} \quad (126)$$

Utilizando-se a calculadora HP-50g, determinou-se o NUT. Assim sendo, estimando-se que o coeficiente global de calor é  $300 \text{ W.m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$  (CENGEL, 2012), por meio da Equação 122 pode-se determinar a área, conforme apresentado na Tabela 60.

Tabela 60 – Dados do resfriador R-401

<b>R-401</b>	
$C_{pmin} / C_{pMAX}$	0,19
$Q_{max} (\text{KJ.s}^{-1})$	44,68
$Q_{Trocado} (\text{KJ.s}^{-1})$	16,76
Efetividade	0,38
NUT	0,49
$U (\text{W.m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1})$	300,00
$A (\text{m}^2)$	1,82

Fonte: Autoria própria (2018).

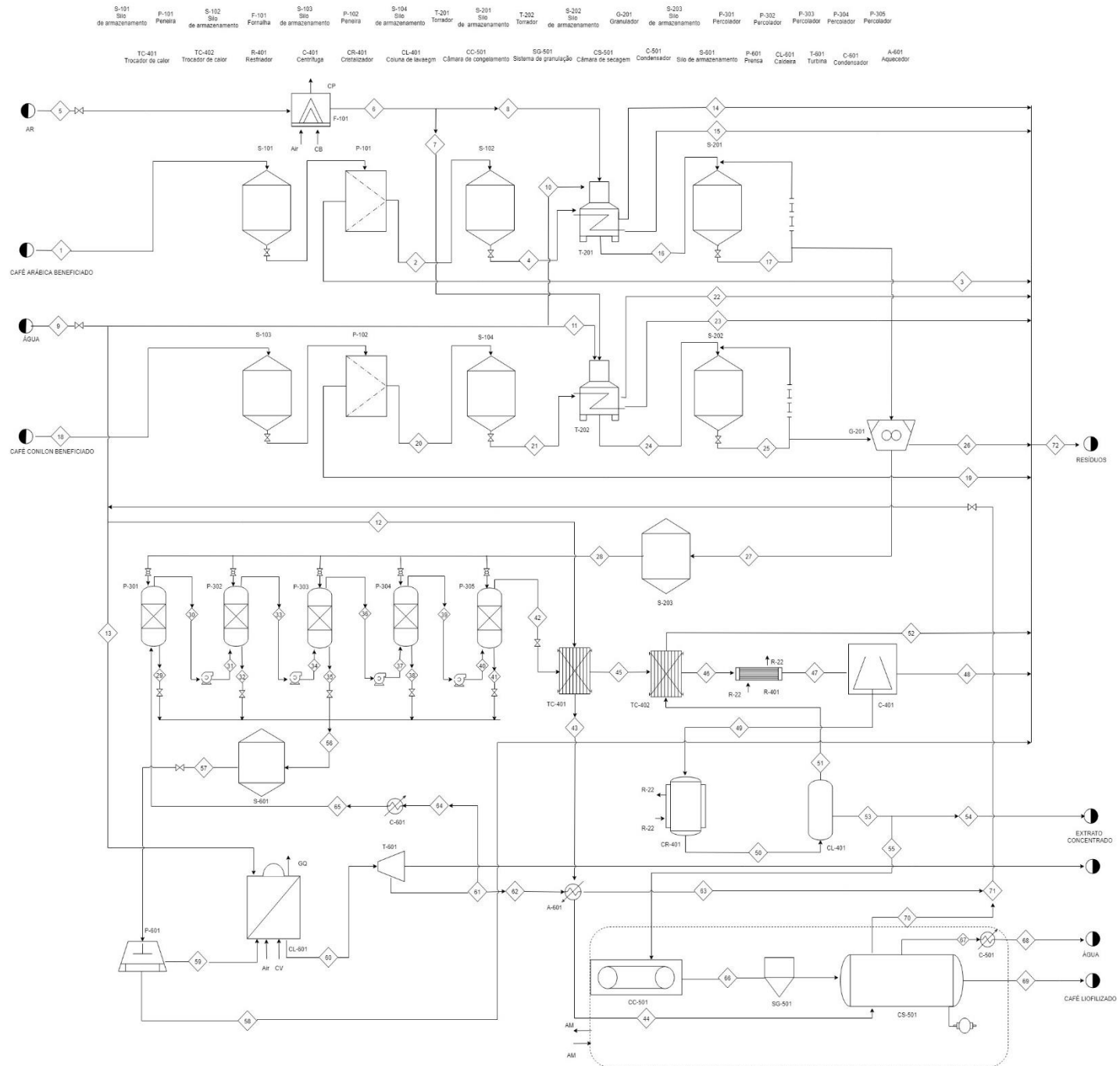


- Determinação da área do aquecedor

A corrente proveniente do trocador TC-401, inicialmente adentra o aquecedor e em contato com  $0,10 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$  de vapor superaquecido a  $204^\circ\text{C}$ , atinge  $155^\circ\text{C}$ . O vapor, por sua vez, condensa atingindo  $165^\circ\text{C}$ .

A partir da Equação 122, tem-se que o  $\Delta T_{\text{ml}}$  é igual  $44,14^\circ\text{C}$ . Estimando que o coeficiente global seja  $1700 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$  (CENGEL, 2012), por meio da Equação 122 tem-se que a área é de  $3,10 \text{ m}^2$ .

# APÊNDICE E – PFD do processo de produção



## APÊNDICE F – Quadros de dados para correntes do processo

Quadro 19 – Dados das correntes do diagrama PFD

Corrente	Vazão (t.h <sup>-1</sup> )	Temperatura (°C)	Pressão (MPa)	X <sub>SS</sub> (%)	X <sub>SI</sub> (%)	X <sub>A</sub> (%)	X <sub>CV</sub> (%)	Impurezas (%)	Café (%)
1	4,1667	25	0,1013	-	-	-	-	0,98	99,02
2	4,1259	25	0,1013	-	-	-	-	-	100,00
3	0,0408	25	0,1013	-	-	-	-	100,00	-
4	4,1259	25	0,1013	20,58	67,42	12,00	-	-	-
5	110,3048	25	0,1013	-	-	-	-	-	-
6	110,3048	240	0,1013	-	-	-	-	-	-
7	33,0914	240	0,1013	-	-	-	-	-	-
8	77,2134	240	0,1013	-	-	-	-	-	-
9	12,1405	25	0,0032	-	-	100,00	-	-	-
10	0,4045	25	0,0032	-	-	100,00	-	-	-
11	0,1734	25	0,0032	-	-	100,00	-	-	-
12	3,3028	25	0,0032	-	-	100,00	-	-	-
13	8,2598	25	0,0032	-	-	100,00	-	-	-
14	77,8325	220	0,1013	-	-	70,00	30,00	-	-
15	0,4045	100	0,0032	-	-	100,00	-	-	-
16	3,5070	70	-	24,21	72,29	3,50	-	-	-
17	3,5070	40	-	24,21	72,29	3,50	-	-	-
18	1,7857	25	-	-	-	-	-	0,98	99,02
19	0,0175	25	-	-	-	-	-	100,00	-

Fonte: Autorial Própria (2018).

Quadro 19 – Dados das correntes do diagrama PFD

(Continuação)

20	1,7682	25	0,1013	-	-	-	-	-	100,00
21	1,7682	25	0,1013	25,50	62,50	12,00	-	-	-
22	33,3567	220	0,1013	-	-	70,00	30,00	-	-
23	0,1734	100	0,0032	-	-	100,00	-	-	-
24	1,5030	70	0,1013	30,00	66,50	3,50	-	-	-
25	1,5030	40	0,1013	30,00	66,50	3,50	-	-	-
26	0,0100	25	0,1013	26,00	70,55	3,5	-	-	-
27	5,0000	25	0,1013	26,00	70,55	3,5	-	-	-
28	5,0000	25	0,1013	26,00	70,55	3,5	-	-	-
29	1,4118	184	1,6	2,40	47,60	50,00	-	-	-
30	7,4853	174	1,6	3,02	0,44	96,54	-	-	-
31	7,4853	174	1,58	3,02	0,44	96,54	-	-	-
32	1,4118	168	1,5	2,40	47,60	50,00	-	-	-
33	7,0735	158	1,5	6,39	0,94	92,67	-	-	-
34	7,0735	158	1,48	6,39	0,94	92,67	-	-	-
35	1,4118	153	1,4	2,40	47,60	50,00	-	-	-
36	6,6617	142	1,4	10,18	1,48	88,34	-	-	-
37	6,6617	142	1,38	10,18	1,48	88,34	-	-	-
38	1,4118	139	1,3	2,40	47,60	50,00	-	-	-
39	6,2499	126	1,3	14,47	2,11	83,42	-	-	-

Fonte: Autoria Própria (2018)

Quadro 19 – Dados das correntes do diagrama PFD

(Continuação)

40	6,2499	126	1,28	14,47	2,11	83,42	-	-	-
41	1,4118	125	1,2	2,40	47,60	50,00			
42	5,8381	110	1,2	19,37	2,82	77,81	-	-	-
43	3,3028	100	0,1013	-	-	100,00	-	-	-
44	3,3028	155	0,5431	-	-	100,00	-	-	-
45	5,8381	35	1,2	19,37	2,82	77,81	-	-	-
46	5,8381	10	1,2	19,37	2,82	77,81	-	-	-
47	5,8381	5	1,2	19,37	2,82	77,81	-	-	-
48	0,2043	5	-	-	80,00	20,00	-	-	-
49	5,6338	5	-	20,00	-	80,00	-	-	-
50	5,6338	-5	-	20,00	-	80,00	-	-	-
51	3,7559	0		-	-	100,00	-	-	-
52	3,7559	25	-	-	-	100,00	-	-	-
53	1,8779	5	-	60,00	-	40,00	-	-	-
54	0,5634	5	-	60,00	-	40,00	-	-	-
55	1,3145	5		60,00	-	60,00	-	-	-
56	7,0590	154	1,4	2,40	47,60	50,00	-	-	-
57	7,0590	40	1,4	2,40	47,60	50,00	-	-	-
58	2,7150	40	1,4	5,00	5,00	90,00	-	-	-
59	4,3440	40	1,4	0,78	74,22	25,00	-	-	-
60	8,2598	360	0,11	-	-	100	-	-	-

Fonte: Autoria Própria (2018).

Quadro 19 – Dados das correntes do diagrama PFD

(Conclusão)

61	8,2598	204	1,7	-	-	100	-	-	-
62	0,3627	204	1,7	-	-	100	-	-	-
63	0,3627	165	0,70	-	-	100			
64	7,8971	204	1,7	-	-	100	-	-	-
65	7,8971	190	1,7	-	-	100	-	-	-
66	1,3145	-30	-	60,00	-	40,00	-	-	-
67	0,4930	-30	0,2	-	-	100,00	-	-	-
68	0,4930	-50	0,04	-	-	100,00	-	-	-
69	0,8215	35	0,000033	96,00	-	4,00	-	-	-
70	3,3028	35	-	-	-	100,00	-	-	-
71	3,6655	100	-	-	-	100,00	-	-	-
72	118,5006	-	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: Autoria Própria (2018).