



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

**MONALISA DE MENEZES PONTES**

**ANÁLISE TÉCNICO-ECONÔMICA DE UMA FÁBRICA DE AGUARDENTE**  
**COMPOSTA POR CALDO DE CANA E POLPA DE ACEROLA**

**FORTALEZA**

**2021**

MONALISA DE MENEZES PONTES

ANÁLISE TÉCNICO-ECONÔMICA DE UMA FÁBRICA DE AGUARDENTE  
COMPOSTA POR CALDO DE CANA E POLPA DE ACEROLA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Alimentos do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Ítalo Waldimiro Lima de França

FORTALEZA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

P859a Pontes, Monalisa de Menezes.

Análise técnico-econômica de uma fábrica de aguardente composta por caldo de cana e polpa de acerola / Monalisa de Menezes Pontes. – 2021.  
87 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Engenharia de Alimentos, Fortaleza, 2021.

Orientação: Prof. Dr. Ítalo Waldimiro Lima de França.

1. Aguardente composta. 2. Cana-de-açúcar. 3. Acerola. 4. Projeto Industrial. 5. Viabilidade técnico-econômica. I. Título.

CDD 664

---

MONALISA DE MENEZES PONTES

ANÁLISE TÉCNICO-ECONÔMICA DE UMA FÁBRICA DE AGUARDENTE  
COMPOSTA POR CALDO DE CANA E POLPA DE ACEROLA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Alimentos do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Aprovada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Ítalo Waldimiro Lima de França (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Rafael Audino Zambelli  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Andréa Cardoso de Aquino  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, por ter me abençoado durante toda a minha jornada até aqui, me dando força, coragem e sabedoria para superar todas as adversidades.

Ao CNPq por ter me concedido bolsa durante um período da minha graduação e ter contribuído com o meu aprendizado.

Ao meu orientador o Prof. Dr. Ítalo Waldimiro Lima de França, por ter aceitado esse desafio e ter se disposto a me orientar em todos os horários disponíveis. Obrigada por todo o suporte.

Ao Prof. Dr. Rafael Audino Zambelli e a Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Andréa Cardoso de Aquino por contribuir com a minha formação acadêmica e por terem aceito fazer parte da banca examinadora.

À minha mãe, Tereza Menezes, por sempre acreditar e assegurar que eu consigo enfrentar todos os desafios. Sou eternamente grata por todos os ensinamentos e todas as orações poderosas feitas sobre mim.

Aos meu pai, Roberto Albuquerque, que sempre me apoio desde o início, me mostrando qual caminho devo seguir. Sou grata por toda a inspiração concedida.

Aos meus irmãos, Lucas Menezes, Tiago Albuquerque e Diogo Albuquerque, por terem dividido momentos tão bons comigo. Em especial para o primeiro, que devido a convivência sempre dividiu comigo momentos de muito companheirismo e cumplicidade.

Ao meu namorado, Eduardo Torquato, por ter sido meu porto seguro nos últimos três anos, me dando todo o suporte necessário e estando ao meu lado em todos os momentos, sendo eles bons ou ruins.

A todos os meus amigos que fiz durante a graduação e aos que me acompanham desde o ensino fundamental. Em especial para André Moreira, Diana Jéssica, Laiza Brito, Mariana Campos, Marciana Araújo e Tiago Linhares que foram de extrema importância para a minha formação, trazendo alegria para todos os momentos compartilhados. Obrigada por todo o companheirismo.

Ao Edilson, por ter contribuído com os conhecimentos sobre a área estudada.

Por fim, a todos os que estiveram comigo, direta ou indiretamente, o meu muito obrigada.

## RESUMO

A aguardente produzida no Brasil é uma das bebidas destiladas mais consumidas do mundo. Em concordância com o descrito, a acerola é uma fruta tropical rica em antioxidantes e com vários compostos benéficos que agregam valor a bebida. Com o intuito de desenvolver novos produtos foram utilizadas matérias-primas regionais para a produção da aguardente composta, como a cana-de-açúcar e a acerola. O presente trabalho teve como objetivo projetar uma fábrica de pequeno porte para a produção de aguardente composta de caldo de cana e polpa de acerola na cidade de Viçosa do Ceará, localizada no estado do Ceará, contemplando os estudos técnicos e econômicos do processo. A partir disso, elaborou-se os diagramas de blocos e de processo para facilitar a visão geral de todas as etapas, em seguida definiu-se os equipamentos e as utilidades necessárias para compor o processo. Realizou-se o balanço de massa, o dimensionamento dos equipamentos e o *layout* da fábrica. Diante disso, foi realizada uma análise econômica referente aos custos para a implantação da fábrica e o seu funcionamento no decorrer dos anos. Definiu-se que a fábrica de aguardente composta produzirá por batelada 50 L, tendo assim uma produção diária de 300 L e uma produção anual de 54.000 L por período de safra, na qual 5 % dessa produção passará por um processo de envelhecimento de um ano. A partir de uma pesquisa de mercado definiu-se um terreno de 678,67 m<sup>2</sup> para a construção do galpão industrial. Inicialmente, para a implantação da fábrica foi estimado um investimento de R\$ 650.782,32 sendo indicado o financiamento pelo banco, a partir do sistema *Price* com uma taxa de juros de 10 % ao ano em cima das prestações que podem ser parceladas mensalmente durante 5 anos. Após a análise do fluxo de caixa permitiu-se estimar um tempo de retorno do investimento de 1 ano e 6 meses, com valores do VPL (valor presente líquido) e TIR (taxa interna de retorno positivos, indicando que o projeto é economicamente viável.

**Palavras-chave:** Aguardente composta. Cana-de-açúcar. Acerola. Projeto Industrial. Viabilidade técnico-econômica.

## ABSTRACT

The aguardente produced in Brazil is one of the world's most consumed distilled alcoholic drinks. On that regard, acerola is a tropical fruit rich in antioxidants and with several beneficial compounds that adds value to the beverage. Regional raw materials were used to produce compound brandy, such as sugar cane and acerola, with the goal to develop new products. This paper aims to design a small factory to produce compound brandy from sugar cane and acerola pulp in Viçosa do Ceará-CE, considering technical and economic studies of the process. From that point on, diagrams of blocs and process were elaborated to facilitate a better grasp of all the stages, followed by a definition of the equipments and its use as part of the process. A mass balance, a sizing of the equipment and a factory layout were made. With that, an analysis was made in regard to the costs of factory implantation and its operation throughout the years. It was established that the compound brandy factory would produce 50 L by batch, tallying 300 L daily and 54.000 L annually per harvest period, in which 5 % of the production will through an aging process of one year. Following a market research, a 678,67 square meters lot was secured to build an industrial factory. Early investment to factory implementation was estimated in R\$ 650.782,32 financed by a bank through the Price system with 10 % interest annually over the installments, that can be in monthly installments for 5 years. After cash flow analysis, it was able to estimate 18 months as payback, with positive NPV (net present value) and IRR (internal rate of return), indicating that the project is economically viable.

**Keywords:** Compound brandy. Sugar cane. Acerola. Industrial project. Technical and economic feasibility.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Cana-de-açúcar .....	18
Figura 2 – Fruto da Aceroleira .....	19
Figura 3 - Classificação dos frutos de acerola em função do tamanho, peso e o estado de maturação em ordem crescente.....	21
Figura 4 - Diagrama de Cobenze .....	25
Figura 5 - Balanço de massa da etapa de destilação.....	44
Figura 6 - Balanço de massa referente a etapa da fermentação.....	45
Figura 7 - Balanço de massa referente a etapa de diluição.....	46
Figura 8 - Balanço de massa da etapa de extração da polpa de acerola .....	47
Figura 9 - Balanço de massa da etapa de filtração e decantação .....	47
Figura 10 - Balanço de massa da etapa de moagem da cana-de-açúcar .....	48
Figura 11 - Diagrama de Blocos da produção de aguardente composta .....	49
Figura 12 - Diagrama de processo da produção de aguardente composta.....	50
Figura 13 - Balança plataforma Prix Toledo modelo 2180R .....	54
Figura 14 - Moenda para cana-de-açúcar modelo 06x08 .....	54
Figura 15 - Despoldadeira da Max Machine modelo MDP 150 .....	55
Figura 16 - Equipamentos para a etapa de destilação. (a) alambique de cobre com tanque de resfriamento. (b) caixa coletora de aguardente.....	57
Figura 17 - Barril de madeira de carvalho de 180 L.....	57
Figura 18 - Envasadora manual de 6 bicos com dimensões .....	58
Figura 19 - Localização da fábrica a partir de uma imagem de satélite .....	59
Figura 20 - Esquema da elaboração do fluxo de caixa .....	73

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição química e requisitos de qualidade da aguardente composta, estabelecida pela legislação brasileira.....	15
Tabela 2 - Evolução da venda (em milhares de reais) da indústria de produção de aguardente e outras bebidas destiladas no Brasil: 2016-2018 .....	16
Tabela 3 - Padrão organoléptico de potabilidade .....	17
Tabela 4 - Dados referentes ao armazenamento no fluxograma de processo.....	51
Tabela 5 - Dados referentes aos insumos no fluxograma de processo .....	51
Tabela 6 - Dados referentes as correntes no fluxograma de processo.....	51
Tabela 7 - Dados referentes aos equipamentos no fluxograma de processo .....	52
Tabela 8 - Dados referentes aos tanques no fluxograma de processo .....	52
Tabela 9 - Dados referentes aos resíduos no fluxograma de processo .....	53
Tabela 10 - Produção de aguardente composta na fábrica .....	61
Tabela 11 - Produção por tipo de aguardente composta referente a um mês .....	62
Tabela 12 - Produção por tipo de aguardente composta para a safra anual.....	62
Tabela 13 - Cotação de equipamentos e a quantidade utilizada .....	63
Tabela 14 - Cotação do terreno escolhido, construção do galpão e perfuração do poço artesiano .....	64
Tabela 15 - Cotação dos móveis da administração.....	64
Tabela 16 - Custos de matéria-prima mensal e anual.....	65
Tabela 17 - Custos de materiais de embalagem mensal e anual.....	66
Tabela 18 - Custos com utilidades.....	67
Tabela 19 - Encargos sociais aplicado ao salário dos funcionários.....	67
Tabela 20 - Custo total por 6 meses com os operadores e o responsável pelo recebimento ....	68
Tabela 21 - Custo total por 6 meses com o técnico de laboratório.....	69
Tabela 22 - Custo total por 12 meses com o auxiliar administrativo .....	69
Tabela 23 - Custo total por 12 meses com o Engenheiro de alimentos.....	70
Tabela 24 - Resumo dos custos anual com os funcionários da fábrica .....	70
Tabela 25 - Valores médios de venda da aguardente composta e envelhecida e o faturamento/ano .....	71
Tabela 26 - Percentual de Repartição dos tributos .....	72
Tabela 27 - Sistema de prestações constantes ( <i>Price</i> ).....	73
Tabela 28 - Indicadores econômicos com base no fluxo de caixa.....	74

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>13</b>
<b>2.1</b>	<b>História da aguardente de cana-de-açúcar</b>	<b>13</b>
<b>2.2</b>	<b>Definição de aguardente</b>	<b>14</b>
<b>2.3</b>	<b>Mercado brasileiro de aguardente</b>	<b>15</b>
<b>2.4</b>	<b>Matérias-primas</b>	<b>16</b>
<b>2.4.1</b>	<b>Água</b>	<b>17</b>
<b>2.4.2</b>	<b>Cana de açúcar (<i>Saccharum officinarum</i> L.)</b>	<b>18</b>
<b>2.4.3</b>	<b>Acerola</b>	<b>19</b>
<b>2.4.4</b>	<b>Fermento</b>	<b>21</b>
<b>2.4.5</b>	<b>Açúcar</b>	<b>22</b>
<b>2.5</b>	<b>Descrição geral do processo</b>	<b>22</b>
<b>2.5.1</b>	<b>Recepção da matéria-prima</b>	<b>23</b>
<b>2.5.2</b>	<b>Moagem da cana-de-açúcar</b>	<b>24</b>
<b>2.5.3</b>	<b>Extração da polpa de acerola</b>	<b>24</b>
<b>2.5.4</b>	<b>Filtração e decantação</b>	<b>24</b>
<b>2.5.5</b>	<b>Diluição dos caldos</b>	<b>25</b>
<b>2.5.6</b>	<b>Fermentação</b>	<b>25</b>
<b>2.5.7</b>	<b>Destilação</b>	<b>27</b>
<b>2.5.8</b>	<b>Padronização</b>	<b>28</b>
<b>2.5.9</b>	<b>Envelhecimento</b>	<b>28</b>
<b>2.5.10</b>	<b>Envase</b>	<b>29</b>
<b>2.5.11</b>	<b>Armazenamento e expedição</b>	<b>30</b>
<b>2.6</b>	<b>Resíduos gerados no processo de produção da aguardente composta</b>	<b>30</b>
<b>2.7</b>	<b>Sistema de limpeza</b>	<b>31</b>
<b>2.8</b>	<b>Utilidades e operações auxiliares</b>	<b>31</b>
<b>2.8.1</b>	<b>Sistema de aquecimento</b>	<b>31</b>
<b>2.8.2</b>	<b>Sistema de resfriamento</b>	<b>32</b>
<b>2.8.3</b>	<b>Tratamento de água</b>	<b>32</b>
<b>2.8.4</b>	<b>Tratamento de efluente</b>	<b>33</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>34</b>
<b>3.1</b>	<b>Definição dos equipamentos, acessórios e utilidades</b>	<b>34</b>

<b>3.2</b>	<b>Balanço de massa</b> .....	34
<b>3.3</b>	<b>Elaboração de fluxogramas</b> .....	36
<b>3.3.1</b>	<b>Diagrama de blocos – BFD (Block Flow Diagram)</b> .....	36
<b>3.3.2</b>	<b>Diagrama de processo – PFD (Process Flow Diagram)</b> .....	36
<b>3.4</b>	<b>Dimensionamento de equipamentos</b> .....	37
<b>3.5</b>	<b>Layout</b> .....	37
<b>3.6</b>	<b>Viabilidade econômica</b> .....	37
<b>3.6.1</b>	<b>Investimento inicial</b> .....	37
<b>3.6.2</b>	<b>Custo de operação</b> .....	38
<b>3.6.3</b>	<b>Receita</b> .....	38
<b>3.6.4</b>	<b>Financiamento</b> .....	38
<b>3.6.5</b>	<b>Fluxo de caixa</b> .....	38
<b>3.6.6</b>	<b>Indicadores econômicos</b> .....	39
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	40
<b>4.1</b>	<b>Definição dos equipamentos, acessórios e utilidades</b> .....	40
<b>4.2</b>	<b>Balanço de massa</b> .....	42
<b>4.2.1</b>	<b>Destilação</b> .....	42
<b>4.2.2</b>	<b>Fermentação</b> .....	44
<b>4.2.3</b>	<b>Diluição</b> .....	45
<b>4.2.4</b>	<b>Extração da polpa de acerola</b> .....	46
<b>4.2.5</b>	<b>Filtração/decantação</b> .....	47
<b>4.2.6</b>	<b>Moagem</b> .....	47
<b>4.3</b>	<b>Elaboração de fluxogramas</b> .....	48
<b>4.3.1</b>	<b>Diagrama de blocos – BFD (Block Flow Diagram)</b> .....	48
<b>4.3.2</b>	<b>Diagrama de processo – PFD (Process Flow Diagram)</b> .....	49
<b>4.4</b>	<b>Dimensionamento dos equipamentos</b> .....	53
<b>4.4.1</b>	<b>Dimensionamento da balança</b> .....	53
<b>4.4.2</b>	<b>Dimensionamento da moenda</b> .....	54
<b>4.4.3</b>	<b>Dimensionamento da despoldadeira</b> .....	55
<b>4.4.4</b>	<b>Dimensionamento dos tanques</b> .....	55
<b>4.4.5</b>	<b>Dimensionamento das dornas de fermentação e volante</b> .....	56
<b>4.4.6</b>	<b>Dimensionamento do alambique e caixa coletora de aguardente</b> .....	56
<b>4.4.7</b>	<b>Dimensionamento da caldeira</b> .....	57
<b>4.4.8</b>	<b>Dimensionamento dos barris de envelhecimento</b> .....	57

<i>4.4.9 Dimensionamento dos tanques de armazenamento de vinhaça</i> .....	58
<i>4.4.10 Dimensionamento da envasadora</i> .....	58
<b>4.5 Proposta de localização</b> .....	59
<i>4.5.1 Disponibilidade de matéria-prima</i> .....	59
<i>4.5.2 Disponibilidade de mão-de-obra</i> .....	60
<i>4.5.3 Disponibilidade de energia e água</i> .....	60
<i>4.5.4 Mercado consumidor</i> .....	60
<b>4.6 Layout</b> .....	61
<b>4.7 Viabilidade econômica</b> .....	61
<i>4.7.1 Produção estimada</i> .....	61
<i>4.7.2 Investimento Inicial</i> .....	62
<i>4.7.3 Custo de operação</i> .....	65
<i>4.7.4 Receita</i> .....	70
<i>4.7.5 Regime Tributário</i> .....	71
<i>4.7.6 Financiamento</i> .....	72
<i>4.7.7 Montagem do fluxo de caixa</i> .....	73
<i>4.7.8 Lucro líquido</i> .....	74
<i>4.7.9 Indicadores econômicos</i> .....	74
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	76
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	77
<b>APÊNDICE A – LAYOUT DA FÁBRICA DE AGUARDENTE COMPOSTA</b> .....	85
<b>APÊNDICE B – CÁLCULOS DO FLUXO DE CAIXA</b> .....	87

## 1 INTRODUÇÃO

A aguardente de cana-de-açúcar produzida no Brasil é uma das bebidas destiladas que possui maior produção e apreço no mundo (NÓBREGA, 2003). De acordo com a Instrução Normativa nº 13 de 29 de junho de 2005, a aguardente de cana é obtida a partir da destilação do mosto alcoólico do caldo da cana-de-açúcar ou do destilado alcoólico simples desta matéria-prima, apresentando graduação alcoólica de 38 a 54% em volume a 20 °C, e que pode ser adicionada de açúcares até 6g/L (BRASIL, 2005). Para a produção de aguardente no Brasil a matéria-prima mais utilizada é a cana-de-açúcar, mas outros insumos também podem ser utilizados, como a ameixa, a maçã, o pêssego e a pêra (CARDOSO, 2003; SILVA, 2011).

De acordo com os dados obtidos pelo MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) em 2019, a aguardente é produzida em quase todo o território brasileiro, tendo como exceção o estado do Amapá, Amazonas, Mato Grosso do Sul e Roraima. Dessa forma, os principais estados produtores de aguardente em ordem são constituídos por Minas Gerais, São Paulo, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Espírito Santo, Ceará e Pernambuco nos quais a quantidade de estabelecimentos com produtos registrados em todo o Brasil consiste em 323 estabelecimentos, com concentração maior na Região Sudeste. No estado do Ceará existem apenas 21 estabelecimentos produtores registrados, na qual o município Viçosa do Ceará concentra a maior parte dos estabelecimentos produtores, apresentando 9 estabelecimentos registrados (BRASIL, 2020).

O município de Viçosa do Ceará concentra 5% da área colhida de cana de açúcar no estado do Ceará, apresentando uma produção 90.100 toneladas no ano de 2005 (CUENCA; MANDARINO, 2007). A cana é cultivada em clima tropical onde se alternam as estações secas e úmidas, com uma temperatura ótima entre 21 °C e 32 °C (AUDE, 1993). Sendo assim, o município de Viçosa do Ceará apresenta alguns fatores, como o clima e a temperatura (em torno de 23 °C), favoráveis para a produção de cana de açúcar. Além disso, este município é conhecido por ter o Festival Mel, Chorinho e Cachaça que ocorre geralmente no final junho e possui o intuito de integrar o turismo, a cultura e o agronegócio no município.

Tendo em vista o desenvolvimento de novos produtos, uma premissa que tem recebido destaque crescente nos últimos anos é a incorporação de matérias-primas regionais, o que possibilita conferir sabor e aroma característicos e agradáveis ao produto final, além de agregar potencial de mercado para insumos regionais. Neste contexto, a acerola destaca-se por ser uma fruta com considerável potencial de agregação na obtenção de uma aguardente, principalmente devido suas características de cultivo, sabor e propriedades nutricionais.

A acerola é uma fruta tropical rica em antioxidantes, como vitamina C e antocianina, que possui uma grande capacidade de aproveitamento industrial, e que passou a ter importância econômica em diversas regiões do Brasil (NOGUEIRA *et al*, 2002). A cultura dessa fruta no Brasil é favorável, devido as condições climáticas, principalmente nas regiões de clima tropical do território nacional e pelo alto teor de vitaminas e compostos benéficos que a fruta oferece (SOUZA *et al*, 2006). Dessa forma, no Brasil existem 3.198 estabelecimentos cadastrados com mais de 50 pés, na qual a maior quantidade se concentra no estado de Pernambuco (806 unidades), que conseqüentemente apresenta a maior quantidade de acerola vendida por ano em torno de 7.552 toneladas, seguido do estado da Paraíba, São Paulo, Bahia e Ceará (IBGE, 2006).

O estudo de viabilidade econômica visa verificar o desempenho econômico, financeiro e o risco da implantação do empreendimento, constatando a rentabilidade do projeto. Esse estudo é de extrema importância para assegurar o sucesso do empreendimento, com o levantamento prévio de todos os custos e despesas da receita de vendas.

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo projetar uma fábrica de pequeno porte de aguardente composta de caldo de cana e polpa de acerola, apontando as operações unitárias, o dimensionamento da fábrica e dos equipamentos utilizados, a seleção da instrumentação do processo, o layout industrial e o estudo de viabilidade técnica e econômica, com o intuito de implantá-la no município de Viçosa do Ceará, localizada no interior do Ceará.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 História da aguardente de cana-de-açúcar

A destilação usada na fabricação da aguardente já era um processo conhecido na antiguidade, antes mesmo da Idade Média, que consiste em um método de separação baseado no fenômeno de equilíbrio líquido-vapor de misturas. A palavra “aguardente” vem do latim “*acqua ardens*”.

No Brasil, a produção de aguardente a partir da cana-de-açúcar coincidiu com o processo de colonização do país, estando relacionada aos anos de escravidão na produção de açúcar entre os séculos XVI e XVII. De acordo com Novo (2011), a partir do rejeito de um subproduto, resultante da fervura da garapa para a produção de açúcar, surgiu uma espuma que era retirada por apresentar nenhuma finalidade, mas com o tempo essa espuma ao entrar em contato com o fogo ficava mais densa e ao mexer formava um melado de consistência cremosa, chamada de cagaça. Esse melado, com ação do tempo e da temperatura, fermenta e produz um líquido com alto teor alcoólico, chamado cachaça.

Segundo Souza (2001), em 1584 foi utilizado o primeiro alambique no Brasil para a produção de aguardente de cana-de-açúcar. Algumas décadas depois, a grande produção de aguardente deveu-se ao mercado consumidor das comunidades auríferas, época em que teve a desvalorização do açúcar e o aumento da mineração (BRAGA; KIYOTANI, 2015; SOUZA, 2004). O produto começou a fazer parte da economia, sendo utilizado como moeda de troca no comércio exterior voltado para o tráfico de escravos (SOUZA, 2004).

O consumo da cachaça é maior entre a população de baixa renda, visto que é uma bebida de preço relativamente baixo (GANDOLFI; ARAGÃO; FIGUEIRÔA, 2016). A bebida desde então foi sendo aperfeiçoada, respeitada e apreciada mundialmente, sendo considerada como um produto de identidade cultural do povo brasileiro, encontrada nos mais diversos tipos de bares, botecos, restaurantes, casas de show e hotéis em todo o Brasil.

No Ceará, a fabricação de açúcar e posteriormente a produção de cachaça iniciou por volta do ano de 1622. Com o passar dos anos, o Ceará passou a ser conhecido como o produtor de cachaça de boa qualidade, na qual se fabricavam em pequenos alambiques no interior do Ceará, com ênfase nas cidades serranas que são as que possuíam maior produtividade. Entretanto, muitas dessas fábricas foram fechadas por falta de investimento (MESQUITA, 2015).

## 2.2 Definição de aguardente

Existem diversas variedades da aguardente que possuem definições parecidas, mas que se diferem em alguns quesitos, na qual um deles é o tipo de matéria-prima que será utilizada para a obtenção da bebida.

De uma forma geral o Decreto n° 6.871, de 4 de junho de 2009, que regulamenta a Lei n° 8.919, de 14 de julho de 1994, apresenta a aguardente como definição de uma bebida de graduação alcoólica de 38 % a 54 % em volume a 20°C, obtida a partir da destilação do mosto fermentado ou do rebaixamento do teor alcoólico simples. Logo, a partir dessa definição, a bebida alcoólica destilada mais comum é a aguardente que é obtida a partir do destilado alcoólico simples da cana-de-açúcar ou pela destilação do mosto fermentado do caldo de cana, que possui a graduação alcoólica padrão de 38 % a 54 % em volume a 20 °C, podendo ser adicionada de açúcares até 6 g/L. No Brasil, a aguardente de cana possui uma denominação típica e exclusiva que é cachaça, obtida pela destilação do mosto do caldo de cana-de-açúcar que foi submetido a uma fermentação, na qual possui características sensoriais típicas brasileiras, podendo ser adicionada de açúcares até 6 g/L.

Já a aguardente de fruta possui uma graduação alcoólica de 36 % a 54 % em volume a 20 °C, na qual é obtida a partir do destilado alcoólico simples da fruta ou da destilação do mosto fermentado da fruta, no entanto deve manter o sabor e o aroma dos elementos naturais voláteis contidos no mosto fermentado e/ou formados durante a destilação (BRASIL, 2009). Para a fabricação de aguardente de fruta a concentração de álcool metílico não deve ser superior a 400 mg/100 mL de álcool anidro (BRASIL, 2011).

Sendo assim, nesse trabalho o tipo de aguardente abordado será a aguardente composta que, segundo a Instrução Normativa MAPA n° 35 de 16 de novembro de 2010, consiste em uma bebida com graduação alcoólica de 38 % a 54% em volume a 20 °C, na qual é resultante da adição na aguardente ou no destilado alcoólico simples de origem agrícola, de substâncias de origem vegetal ou animal, podendo ser adicionada de açúcares até 6 g/L. Quando denominada aguardente composta adoçada significa que a quantidade de açúcares está entre 6 e 30 g/L. A composição química desse tipo de aguardente deve obedecer a Tabela 1 abaixo, exposta na Instrução Normativa n° 35.

Tabela 1 - Composição química e requisitos de qualidade da aguardente composta, estabelecida pela legislação brasileira

COMPONENTE	UNIDADE	LIMITE	
		Mínimo	Máximo
Coefficiente de congêneres	mg/100mL de álcool anidro	200	650
Acidez volátil em ácido acético	mg/100mL de álcool anidro	-	150
Ésteres em acetato de etila	mg/100mL de álcool anidro	-	200
Aldeídos em aldeído acético	mg/100mL de álcool anidro	-	30
Furfural	mg/100mL de álcool anidro	-	5
Álcool superior	mg/100mL de álcool anidro	-	360

Fonte: Adaptado da Instrução Normativa n° 35, de 16 de novembro de 2010.

### 2.3 Mercado brasileiro de aguardente

O grande consumo de aguardente e a possibilidade de exportação exigem que o processo de fabricação tenha um padrão determinado, para obtenção de um produto com qualidade comprovada nos aspectos físico-químicos (CARDOSO, 2013). O mercado interno e externo de bebidas destiladas tem se tornado cada vez mais exigente, sendo de extrema importância a determinação de compostos químicos presentes na bebida, que estão relacionados com as características de aroma e sabor da bebida (NASCIMENTO; CARDOSO; FRANCO, 2009).

Números oficiais do MAPA, que estão disponíveis no Anuário da Cachaça (BRASIL, 2019), mostra que a quantidade de estabelecimentos produtores de aguardente até o final do ano de 2018 foi de 611, com 1.862 produtos registrados. Do ano de 2018 para o ano de 2019, houve uma redução de 41,57 % no número de estabelecimentos, totalizando apenas 357. Em 2018, o estado do Ceará ocupava a segunda posição em relação ao número de estabelecimentos, porém em 2019 o estado apresentou uma queda, caindo para a sexta posição. Já o estado de Minas Gerais é o que apresenta maior número de estabelecimentos produtores em 2019, constando 81 registros.

Ao considerar os registros de estabelecimentos produtores de aguardente destacam-se os municípios de Viçosa do Ceará (CE), Luiz Alves (SC), Pinheiro Preto (SC), Castelo (ES),

Cachoeiro do Itapemirim (ES), Rio Casca (MG), Vitória de Santo Antão (PE), Flores da Cunha (RS), Chapecó (SC) e Pirassununga (SP).

No que se diz respeito a produção de aguardente pela indústria brasileira, dentre os períodos abrangidos por 2016 a 2018, a Pesquisa Industrial Anual Produto (PIA Produto) do IBGE (2018), mostram o crescimento da venda de diversos tipos de aguardentes, no caso da aguardente de cana-de-açúcar o ano que se destaca com o maior valor arrecado na venda foi o ano de 2017, já para a aguardente de fruta o ano de 2018 foi o que se destacou, conforme a Tabela 2.

Tabela 2 - Evolução da venda (em milhares de reais) da indústria de produção de aguardente e outras bebidas destiladas no Brasil: 2016-2018

<b>Fabricação de aguardentes e outras bebidas destiladas</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>
Aguardente de cana-de-açúcar (cachaça ou caninha); rum ou tafiá	1.704.805	1.862.252	1 683.544
Aguardente de vinho ou de bagaço de uva (conhaque, brande, etc.)	54.694	71.011	73.019
Bebidas alcoólicas destiladas, de outros tipos (p.ex. aguardente de frutas, gim e genebra, etc.)	641.819	568.464	643.065
Borras e desperdícios das destilarias	-	-	3.457
Serviços relacionados à produção de aguardentes e outras bebidas destiladas	46.172	65.104	38.952

Fonte: Adaptado de Sidra/IBGE – Pesquisa Industrial Anual.

## 2.4 Matérias-primas

A eficiência de uma indústria de aguardente artesanal na fabricação de um produto de qualidade, depende diretamente do estado de qualidade da matéria-prima. Todas as etapas são importantes para obtenção de altos rendimentos e da qualidade do produto final como um todo (STUPIELLO, 1992). A aguardente composta a ser estudada possui algumas matérias-primas na sua composição, sendo a cana-de-açúcar, a acerola, a água, o fermento e o açúcar os principais.

### 2.4.1 Água

A água é um dos principais constituintes para a produção da aguardente composta, além de ser utilizada para a embebição, diluição do mosto e padronização da bebida, também é utilizada de forma secundária para a limpeza dos equipamentos, da área interna e externa, na lavagem das matérias-primas e na camisa da dorna de fermentação para manter a temperatura constante. Segundo Barbosa e Firmo (2018), uma produção média de 150 litros de aguardente gera um gasto em médio de 1.500 a 2.000 litros de água, ou seja, para cada litro de aguardente serão necessários 11,6 litros de água.

Segundo a Instrução Normativa MAPA n° 55 de 31 de outubro de 2008, a água utilizada como ingrediente ou como padronizador da graduação alcoólica do produto final deve obedecer aos padrões e normas vigentes na legislação específica ao uso de água potável. Já a água utilizada para processos secundários pode ser utilizada diretamente da rede de abastecimento.

A portaria n° 2.914, de 12 de dezembro de 2011, recomenda que o pH da água, no sistema de distribuição, seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5 e que o teor máximo de cloro residual livre em qualquer ponto do sistema de abastecimento seja de 2 mg/L, já para a água fornecida para consumo humano deverá possuir em sua concepção de cloro residual livre um teor mínimo de 0,5 mg/L. Além disso, o padrão organoléptico de potabilidade de água deve seguir os valores máximos permitidos e expostos na Tabela 3.

Tabela 3 - Padrão organoléptico de potabilidade

<b>Parâmetro</b>	<b>Unidade</b>	<b>Valor máximo permitido (VMP)</b>
Gosto e odor	Intensidade	6
Dureza total	mg/L	500
Turbidez	µT	5
Amônia (como NH <sub>3</sub> )	mg/L	1,5
Manganês	mg/L	0,1
Sódio	mg/L	200
Ferro	mg/L	0,3

Fonte: Adaptado da Portaria n° 2914, de 12 de dezembro de 2011.

#### 2.4.2 Cana de açúcar (*Saccharum officinarum* L.)

A cana-de-açúcar (Figura 1) é uma planta fina de formato cilíndrico que pertence ao gênero *Saccharum* L., cultivadas nas regiões tropicais e subtropicais, na qual são utilizadas, principalmente, para a produção de açúcar, álcool combustível e cachaça. Existem pelo menos seis espécies desse gênero, sendo a cana-de-açúcar cultivada um híbrido multiespecífico, que recebe a designação *Saccharum spp* (TOPPA *et al*, 2010).

Figura 1 - Cana-de-açúcar



Fonte: Centro Nacional das Indústrias do Setor Sucroenergético e Biocombustíveis (CEISE Br).

De acordo com Stupiello (1992), os parâmetros tecnológicos e microbiológicos da cana-de-açúcar devem atender a um padrão de qualidade a fim de evitar qualquer interferência durante o processamento e a produção da aguardente, devido a utilização de uma matéria-prima de má qualidade.

Existem cinco fatores principais que são responsáveis por afetar a qualidade da matéria-prima: a variedade da cana-de-açúcar (deve ser utilizada variedade com elevada produtividade, alto teor de açúcar e resistente a doenças), a temperatura e a umidade (controlam a deterioração microbiológica), planejamento agrícola (escolha das variedades com maturações precoces) e pragas e doenças (CASSINI, 2004). O grau de maturação da cana é determinado a partir do valor do teor de açúcares redutores totais medido através de um densímetro ou refratômetro.

A planta precisa encontrar épocas com condições de temperatura e umidade adequadas para permitir o máximo de crescimento na fase vegetativa e assim atingir a alta produção de sacarose, em seguida é necessário ter um período de restrição hídrica ou térmica para favorecer o acúmulo de sacarose no colmo na época do corte (TERAMOTO, 2003). A temperatura ótima para o crescimento da cana-de-açúcar está entre 22 a 30 °C, porém na presença de um clima mais quente, acima de 38 °C, não há crescimento da cana (TERAMOTO, 2003).

As variedades da cana-de-açúcar são agrupadas em três categorias, de acordo com o tempo de maturação, que consiste em variedades precoces (atinge a maturação no início da safra), medianas (atinge a maturação no meio da safra) e tardias (atinge a maturação no fim da safra). A safra da cana-de-açúcar na cidade de Viçosa do Ceará se inicia em maio e termina em dezembro. Dessa forma, para ter um bom rendimento e um teor de açúcar satisfatório no decorrer da safra é necessário que o plantio tenha todos os três tipos de variedades.

### 2.4.3 Acerola

A aceroleira produz um fruto chamado acerola (Figura 2), na qual pertence à família *Malpighiaceae* que possui em torno de 63 gêneros e 850 espécies, nas quais cerca de 30 espécies fazem parte do gênero *Malpighia*, tendo como principais regiões produtivas as que apresentam climas tropicais (JOLY, 1983; NAKASONE; PAULL, 1998).

Figura 2 – Fruto da Aceroleira



Fonte: Universo das Flores.

O crescimento da aceroleira é mais propício em regiões de clima tropical, que apresentam temperaturas em torno de 15 °C a 32 °C e umidade relativa do ar média, ou seja, uma umidade relativa do ar muito elevada (acima de 80%) pode se tornar prejudicial para a planta, acarretando doenças fúngicas. No Brasil, a região nordestina é a que mais se destaca na produção de acerola devido as condições de solo e clima (QUEIRÓZ; GOEDERT; RAMOS, 1999). Diversos estudos relatam que a acerola apresenta altas concentrações de compostos bioativos com características favoráveis à saúde e bem-estar do consumidor, particularmente devido à presença de fibras dietéticas, vitamina C e polifenóis (DUZZIONI *et al*, 2013).

Para designar a aceroleira são comumente utilizadas três espécies a *Malpighia glabra L.*, *M. puniceifolia L.* e *M. emarginata D.C* (RITZINGER; RITZINGER, 2011b). No entanto, as duas primeiras espécies citadas anteriormente produzem frutos pequenos, insípidos e sem muito suco, dessa forma a espécie *M. emarginata D.C* é a variedade mais conhecida atualmente da aceroleira (ALVES; MENEZES, 1995).

Segundo Araújo e Minami (1994), a aceroleira é uma planta arbustiva que apresenta um crescimento que varia de prostrado a ereto, com copa aberta ou compacta, podendo chegar entre 2,5 a 3,0 metros de altura. As cascas dos ramos possuem uma cor marrom quando mais jovens e acinzentada quando mais velhos e a casca do caule quando mais velha possui a mesma cor acinzentada das cascas dos ramos. As folhas são simples, com um pecíolo curto e forma característica que varia de oval a elíptica (RITZINGER; RITZINGER, 2011b).

A acerola é uma drupa carnosa, com epicarpo (casca externa fina), mesocarpo (polpa carnosa) e endocarpo constituído por três caroços triangulares e alongados que podem ou não conter no seu interior uma semente (ALMEIDA; LOPES; OLIVEIRA, 2002). A forma do fruto pode ser redonda, oval ou achatada, e o peso pode variar de 3 a 16 g (RITZINGER; RITZINGER, 2011b). O mesocarpo ou polpa representa 70 % a 80% do peso total do fruto (CARVALHO, 2000; ALMEIDA; LOPES; OLIVEIRA, 2002). A cor da casca do fruto muda de tonalidade de acordo com a maturação, dessa forma o fruto passa do verde ao amarelo, vermelho-alaranjado, vermelho-púrpura ou roxo (RITZINGER; RITZINGER, 2011b), isso decorre da presença de antocianinas. Um tipo de mudança da cor verde para a cor vermelho-púrpura pode ser observado na Figura 3.

Figura 3 - Classificação dos frutos de acerola em função do tamanho, peso e o estado de maturação em ordem crescente



Fonte: Pontes *et al*, 2015.

#### 2.4.4 Fermento

As leveduras são os microrganismos mais importantes na obtenção de álcool através da via fermentativa, na qual as mais utilizadas para a fabricação de bebidas alcoólicas são as linhagens de *Saccharomyces cerevisiae*. Segundo Alves (1994), a viabilidade celular é de extrema importância para o desenvolvimento do processo fermentativo e a tolerância da levedura ao produto da fermentação (etanol) é determinante na produtividade em álcool de fermentações em escala industrial.

Esses microrganismos se multiplicam rapidamente e são considerados anaeróbios facultativos, ou seja, possuem a capacidade de se multiplicar na ausência de  $O_2$  (fermentação) ou na presença de  $O_2$  (respiração ou metabolismo oxidativo). Segundo Nogueira e Venturini Filho (2013), as células de leveduras alcoólicas fermentam preferencialmente quando possuem uma alta concentração de açúcar. Em condições anaeróbias, as células de levedura consomem açúcares simples, como glicose e maltose, e produzem dióxido de carbono e álcool como principais produtos residuais (DELCOR, 2019). De acordo com Morado (2009), para que a fermentação obtenha êxito, dentro dos padrões técnicos, é necessário que uma quantidade de leveduras, capazes de consumir açúcares fermentescíveis, seja misturada ao mosto.

O tipo de fermento adotado é de extrema importância para caracterizar o perfil dos compostos voláteis desejáveis na bebida. Dessa forma, os principais tipos de fermento

utilizados para se preparar um pé-de-cuba são o natural ou “caipira”, o prensado (leveduras de panificação) e as leveduras selecionadas (VILELA, 2005).

De acordo com Montijo (2014), as fábricas de cachaça, principalmente as de pequeno porte que possuem produção artesanal, utilizam a prática de fermentação espontânea, adotando o uso do fermento natural ou “caipira”. Porém, segundo esse autor, a utilização desse tipo de fermentação contribuirá para a ocorrência de diferentes espécies e linhagens de leveduras que podem interferir na qualidade do produto final de forma negativa, proporcionando fermentações indevidas e contribuindo para dificultar o controle operacional.

Portanto, a utilização de leveduras selecionadas traz maiores benefícios para a fermentação do mosto, pois pode promover a redução da interferência de leveduras selvagens que muitas vezes são prejudiciais ao processo produtivo, além de acelerar o processo de preparo do fermento e, conseqüentemente, a produtividade. Atualmente, a levedura selecionada ativa *Saccharomyces cerevisiae* CA-11 de característica floculante e desidratada, é a mais utilizada no Brasil para a produção de aguardente. Segundo Cardoso (2013), o uso dessa cepa tem resultado em melhorias significativas na qualidade e no rendimento da produção de aguardente.

A partir de uma pesquisa de mercado sobre o tipo de fermento utilizado por produtores de aguardente de cana realizada pela Corrêa (2020), foi constatado que 45,2 % dos produtores optavam pela utilização do fermento selecionado.

A reutilização do fermento por uma safra inteira é um processo muito comum realizado pela maioria dos produtores de aguardente de cana e consiste na utilização das células de leveduras decantadas no vinho fermentado anteriormente. O descarte das células de leveduras decantadas acontece se houver algum tipo de contaminação por microrganismos ou até mesmo a morte das células devido as oscilações de temperatura (CORRÊA, 2020).

#### **2.4.5 Açúcar**

Para uma aguardente composta ser considerada adoçada deve conter quantidade superior a seis e inferior a trinta gramas por litro de açúcar adicionado (BRASIL, 2010).

### **2.5 Descrição geral do processo**

O processamento industrial de uma aguardente composta é dividido em operações essenciais: recepção da matéria-prima, moagem da cana-de-açúcar, extração da polpa de acerola, filtração, decantação, diluição do caldo, fermentação, destilação, padronização,

envelhecimento, envase, armazenamento e expedição. O processo segue essa ordem, podendo haver algumas modificações, pois algumas etapas são optativas.

### **2.5.1 *Recepção da matéria-prima***

Nos subtópicos abaixo foi realizado o detalhamento para a recepção da cana-de-açúcar e da acerola, juntamente com suas especificações de recebimento.

#### **2.5.1.1 *Cana-de-açúcar***

O corte da cana deve ser feito rente ao solo e quando os colmos da cana atingirem o estágio de maturação ideal, dessa forma o teor de sólidos totais deve estar em torno de 18 e 26 °Brix, variando conforme o tipo de cana-de-açúcar utilizada (VILELA, 2005). É importante que a colheita não seja feita por meio de queimadas, pois além de ser muito prejudicial para a qualidade da cana prejudica também o meio ambiente, através da produção de gás carbônico, e o solo, diminuindo o teor de matéria orgânica disponível. Segundo Ribeiro (2002), uma aguardente de cana originada de uma plantação que no processo de colheita teve ação das queimadas, possui um gosto facilmente identificável de queimado, devido ao aumento do teor de furfural e outros compostos que são produzidos durante a queima.

O transporte da cana deve ser realizado de forma rápida e de preferência sem a incidência direta da luz solar, pois a exposição ao calor e a luz poderá favorecer o crescimento de microrganismos que prejudicam a qualidade da bebida e produzem compostos indesejáveis à aguardente (SOUZA *et al*, 2013). A cana-de-açúcar ao chegar na recepção da indústria passa por uma etapa de pesagem e em seguida de uma lavagem para retirar a terra proveniente da lavoura e outros agentes físicos de contaminação.

#### **2.5.1.2 *Acerola (*Malpighia emarginata* D.C)***

Os frutos devem ser colhidos quando estiverem maduros, ou seja, na coloração vermelho intenso, mas de certa forma devem estar firmes para que durante o manuseio não sofra lesão com facilidade e acelere a deterioração do fruto (RITZINGER; RITZINGER, 2011a). Durante o transporte as acerolas devem estar cobertas, ou seja, sem a incidência direta da luz solar, e separadas em caixas plásticas de baixa profundidade, a fim de evitar danos aos

frutos. Na recepção, as acerolas passam por um processo seletivo para retirar os frutos que estão moles, podres ou com danos e em seguida, passam por uma etapa de pesagem e de lavagem.

### ***2.5.2 Moagem da cana-de-açúcar***

Depois do corte e da lavagem da cana, ela deve ser encaminhada imediatamente para a moenda para que não ultrapasse o período de 24 horas após o corte, pois caso esse período não seja respeitado pode contribuir com uma perda significativa de açúcar e uma formação de inibidores da fermentação. A função da etapa de moagem é extrair o caldo e recuperar o açúcar que está dissolvido nos colmos de cana-de-açúcar, além de separar a fibra (bagaço). A extração é feita através de moendas, na qual possui um conjunto de rolos e a bagaceira que é colocada entre os rolos para guiar o bagaço entre o primeiro e o segundo esmagamento. A embebição tem a finalidade de diluir a sacarose que está contida no bagaço processado melhorando a extração, esse processo consiste na distribuição ideal de água sobre o bagaço. De acordo com Maia, Ribeiro e Silveira (1995), esse procedimento aumenta a eficácia de extração em cerca de 80 % dependendo de alguns fatores como a qualidade, preparo da cana, a temperatura e o modo de aplicação da água.

### ***2.5.3 Extração da polpa de acerola***

A extração da polpa de acerola é geralmente realizada por meio de um equipamento que possui peneiras acopladas chamado despoldadeira que separa as sementes e as cascas (bagaço) da polpa (sulco) em compartimentos diferentes.

### ***2.5.4 Filtração e decantação***

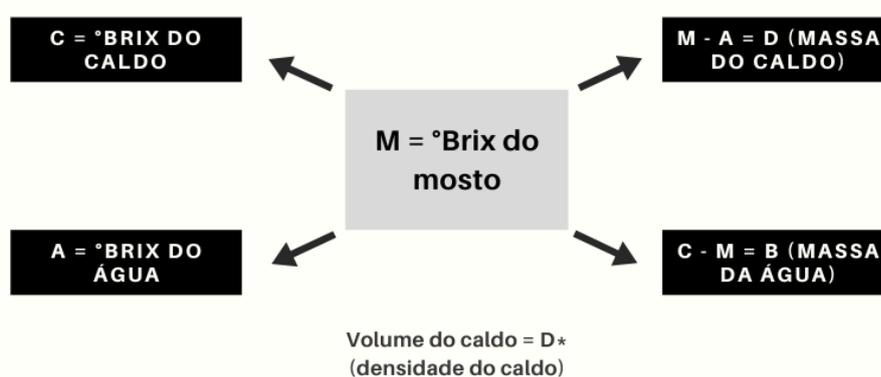
O caldo de cana deve ser filtrado em peneiras com o objetivo de remover o material em suspensão, não desejável no produto final. Já a decantação tem o intuito de reter as impurezas e os materiais contaminantes que não ficaram retidos ao passar pelas peneiras de filtração, como a areia. A presença do bagacilho no caldo favorece a contaminação, podendo trazer elementos indesejáveis como o furfural. Nas fábricas de aguardente de cana de alambique é comum o uso de peneiras plásticas de telas com granulometria de 0,5 mm a 1,5 mm e o uso de decantadores de inox com partições (VILELA, 2005).

### 2.5.5 Diluição dos caldos

Após as etapas de filtração e decantação, o caldo obtido possui um teor muito elevado de sólidos solúveis que retarda ou impede a atividade fermentativa das leveduras, acarretando na redução do rendimento industrial (PATARO *et al*, 2002). Dessa forma, o caldo passa por um processo de diluição com o intuito de regular o teor de sólidos solúveis totais atingindo a faixa ideal em torno de 14 a 16 °Brix. No entanto, um caldo muito diluído (menor que 14 °Brix) gera uma fermentação mais rápida e com uma maior produção álcoois superiores, prejudicial para a qualidade da aguardente. Esse processo de diluição consiste na adição de água dentro dos critérios de potabilidade ao caldo, que ao ser diluído passa a ser chamado de mosto.

Para calcular a quantidade de água necessária para adicionar no caldo e regular o °Brix é utilizado o diagrama de Cobenze, como mostra na Figura 4 abaixo.

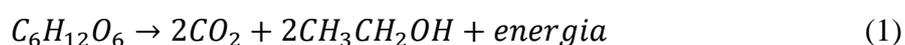
Figura 4 - Diagrama de Cobenze



Fonte: A autora.

### 2.5.6 Fermentação

A fermentação alcoólica é o principal processo responsável pelo perfil químico e sensorial da aguardente, pois leveduras do gênero *Saccharomyces cerevisiae* e outros compostos presentes no mosto convertem os açúcares simples em álcool etílico (etanol), gás carbônico e energia, conforme demonstrado na Equação 1. Observa-se que 1 mol de glicose produz 2 moles de álcool etílico ou etanol, 2 moles de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e energia.



Para iniciar o processo fermentativo é necessário preparar o inóculo inicial chamado pé-de-cuba, com uma levedura selecionada ativa CA-11. Primeiramente, é importante realizar a hidratação do fermento seco com água potável e aguardar um tempo para que o inóculo fique homogêneo, para que posteriormente seja adicionado quantidades gradativas do caldo. A proporção para a utilização dessa levedura é para cada litro de mosto deve-se utilizar um grama de fermento, que poderão ser reutilizadas para as fermentações subsequentes. Muitas vezes utiliza-se alimentos que forneçam nutrientes para as leveduras, como farelo de arroz, mandioca, milho ou soja na produção do pé-de-cuba.

Todo o processo fermentativo tem uma temperatura ideal de 28 °C a 32 °C e um tempo médio de duração de 24 horas, podendo ser otimizado com o uso de agitadores, que irá contribuir com uma maior transferência de massa e uma maior oxigenação. Para evitar o transbordamento do mosto pela formação de espuma é indicado a utilização de apenas 70-80 % do volume total da dorna (SILVA, 2016).

De acordo com Franco (2008), a partir do momento em que o mosto entra em contato com o pé-de-cuba inicia-se a fermentação, que apresenta três fases: a fase preliminar, a fase principal (tumultuosa) e a complementar.

A fase preliminar ocorre em um período de tempo curto, dura em torno de 4 horas, devido a adaptação das leveduras ao meio, que resulta predominantemente na multiplicação de leveduras com baixa produção de CO<sub>2</sub> e pequena elevação da temperatura.

A fase principal apresenta uma duração maior (12 a 16 horas) em relação a fase preliminar. Dessa forma, essa fase é caracterizada por ter uma alta produção de CO<sub>2</sub> e álcool, juntamente com o aumento da temperatura, dos teores de ácidos e progressivo aumento das espumas e, conseqüentemente, a diminuição da densidade do mosto.

Já a fase complementar apresenta uma duração de 4 e 6 horas, semelhante a fase preliminar, e consiste na redução da temperatura e da produção de CO<sub>2</sub>, devido ao consumo final dos açúcares ainda presentes no mosto. Após as três fases da fermentação alcoólica, a superfície do vinho fica sem espumas e o Brix do vinho tende a zero, podendo ser considerado que a etapa de fermentação está finalizada.

No fim do processo fermentativo, o sobrenadante é retirado e encaminhado para o processo de destilação o mais rápido possível, para evitar o desenvolvimento de bactérias contaminantes. Após duas a três horas, as leveduras suspensas decantam no fundo da dorna e essa sedimentação permite que elas sejam reutilizadas no próximo ciclo fermentativo com a adição de um novo mosto diluído (SILVA, 2016).

### 2.5.7 Destilação

A destilação é um processo que se baseia na separação de compostos voláteis e ocorre a partir da diferença do ponto de ebulição dos componentes da mistura. O objetivo principal dessa etapa é separar os compostos voláteis presentes condensando os vapores que são gerados pelo aquecimento do vinho (mosto fermentado) (FRANCO, 2008).

O sistema de aquecimento pode ser realizado por meio direto através da fornalha ou por meio de vapor produzido por caldeira sob pressões superiores à atmosférica. No caso das caldeiras a classificação pode ser feita de acordo com o modo de transferência de calor para vaporizar a água, existindo as caldeiras flamotubulares e as aquatubulares. Porém, o modelo flamotubular é o mais utilizado em indústrias de pequeno porte, pois utilizam apenas pressões e vazões de vapor reduzidas quando comparada com o modelo aquatubular (BAZZO, 1995). O combustível utilizado pode ser lenha ou até mesmo o bagaço da cana-de-açúcar, garantindo a sustentabilidade do processo.

Para a obtenção da aguardente, o vinho pode ser destilado de duas formas: descontínua e contínua. A destilação descontínua ou em batelada é realizada em alambiques quando se tem uma baixa escala de produção, na qual o processo consiste na separação das substâncias de acordo com o grau de volatilidade da mesma, iniciando da mais volátil para a menos volátil. O material dos alambiques utilizados geralmente são de cobre, que tende a reduzir o teor de compostos sulfurados na aguardente. De acordo com o grau de volatilidade é possível dividir a aguardente em três frações, “cabeça”, “coração” e “cauda” (CARDOSO, 2013).

O destilado da fração “cabeça” corresponde aos primeiros compostos voláteis que evaporam em temperaturas até 78,4 °C, que muitas vezes são indesejáveis, como os aldeídos, metanol e ésteres. Além disso, apresenta um volume de aproximadamente 10 % do total e um alto teor alcoólico (50-70 % em volume) (CHAVES; LIMA; LOPES, 2007). Já o destilado da fração “coração” corresponde a 80% do volume total do destilado, representando a fração desejada com os principais compostos da aguardente que se volatilizam entre temperaturas de 78,4 a 100 °C e teor alcoólico em torno de 38-48 % em volume (CHAVES; LIMA; LOPES, 2007). A última fração é a “cauda” que apresenta baixo teor alcoólico (10-38% em volume) e maior quantidade de compostos menos voláteis, que se volatilizam em temperaturas acima de 100 °C, como os ácidos e o furfural que são indesejáveis para a qualidade da aguardente.

A fração “coração” é a que corresponde a aguardente propriamente dita, dessa forma para separar as três frações do destilado deve ser feito “cortes” visando a temperatura

dos vapores no topo do alambique ou pelo teor alcoólico do destilado (MENEZHIM *et al*, 2017). Após a vaporização das frações por aquecimento à vapor elas passam por um tubo de cobre e são encaminhadas para um condensador de formato serpentina, que o vapor ao entrar em contato com a água fria dentro de um tanque, condensa e se transforma em líquido.

Dessa forma, um terço da fração “cabeça” e da fração “cauda” podem ser reutilizadas em uma nova carga de vinho fermentado, para recuperar parte do álcool que está contido nessas frações e para produzir compostos aromáticos desejáveis para a qualidade da aguardente. O que sobra das frações é separado ou eliminado, devido aos compostos indesejáveis para o produto final (GARCIA, 2016). Como uma forma de melhorar o rendimento e diminuir a energia gasta, a fração “cauda” que possui temperatura mais alta é recirculada na camisa da dorna volante, para aquecer o vinho antes de ir para o alambique.

O processo de destilação contínua é realizado em colunas de destilação quando se tem uma alta escala de produção por apresentar um sistema mais complexo. O material desse tipo de destilação geralmente é de aço inox com fios de cobre para catalisar reações de oxidação de compostos sulfurados sensorialmente desagradáveis (VILELA, 2005).

### **2.5.8 Padronização**

A padronização possui o intuito de verificar e certificar que o destilado apresente as características padrão em concordância com as especificações legais que dizem respeito ao teor alcoólico, variando entre 38 a 54% em volume a 20 °C para a aguardente composta, e a presença de substâncias de aroma e/ou sabor que possa comprometer a integridade e qualidade do produto final, conforme a Tabela 1 no tópico 2.2 que aborda a definição da aguardente.

### **2.5.9 Envelhecimento**

No Brasil, a aguardente é geralmente vendida logo após a destilação sem passar pela etapa de envelhecimento, pois devido ao tempo requerido pelo processo e aos custos introduzidos pelo armazenamento da bebida em tonéis por alguns anos tornam essa etapa optativa para cada produtor. Porém, em relação a agregar qualidade e valor a bebida essa etapa se torna indispensável (MIRANDA *et al*, 2008). No entanto, uma opção muito utilizada para melhorar a qualidade da bebida sem ter que envelhecer todo o volume é realizar uma mistura das aguardentes, isto é, envelhecer um certo volume e misturá-lo com a aguardente comum.

O processo de envelhecimento melhora o sabor e o aroma característico da aguardente recém destilada tornando-a mais agradável sensorialmente. Esse processo inicia ao transferir a aguardente composta recém destilada para o barril de envelhecimento que depende da junção de diversos fatores que irão definir a qualidade sensorial da bebida, como o tipo de madeira empregada, a qualidade inicial do destilado e o tempo de envelhecimento (SOUZA, 2017).

O envelhecimento realizado em barris de madeira são os mais utilizados pelo fato de melhorar sensorialmente a bebida, pois promove uma diminuição significativa do sabor alcoólico e forte da bebida, com simultâneo aumento da doçura e do sabor de madeira (CARDELLO; FARIA, 1999). Nesse processo ocorre diversas interações físico-químicas que ocorrem entre o barril, o ambiente e a bebida, as quais transformam a composição e consequentemente o sabor da bebida (MOSEDALE; PUECH, 1998).

Geralmente durante a maturação de bebidas destiladas ocorre uma diminuição do pH e das concentrações de álcool metílico e de álcool etílico, enquanto que há um aumento da acidez, da cor e das concentrações de acetato de etila, de aldeído acético, de acetona e dos compostos fenólicos (taninos) (CARDELLO; FARIA, 1997).

### **2.5.10 Envase**

Uma vez concluída o processo de fabricação da aguardente composta, esta deve ser devidamente envasada. A embalagem mais utilizada pelos fabricantes de aguardente é a garrafa de vidro, mas algumas indústrias já fazem uso das garrafas plásticas. A utilização da garrafa de vidro como acondicionador do produto tem as suas vantagens por ser um material inerte, reciclável, sustentável e possuir boa moldabilidade, porém algumas desvantagens que prejudicam o seu uso, como a baixa resistência mecânica. Segundo Lima (1999), o armazenamento de bebidas em garrafas de vidro hermeticamente fechadas não altera significativamente sua composição e também não melhora os aspectos de qualidade.

A aguardente composta antes de ser envasada passa por dois filtros um para a retirada de impurezas que podem ter persistido e outro para a remoção do cobre. Já as garrafas antes de serem utilizadas passam por um processo de higienização para em seguida serem encaminhadas a máquina envasadora, na qual preenche o recipiente com a quantidade necessária e pré-definida de aguardente composta. Por fim, as garrafas são encaminhadas para uma tamponadeira e depois são rotuladas manualmente.

### **2.5.11 Armazenamento e expedição**

Depois de envasada, a aguardente composta é armazenada em local seco, sem exposição da luz e temperatura ambiente sem picos de mudança, para em seguida ser encaminhada para a fase de expedição e ser comercializada.

## **2.6 Resíduos gerados no processo de produção da aguardente composta**

A produção de aguardente composta produz, principalmente, quatro resíduos: palha da cana, bagaço da cana, bagaço da acerola e vinhoto.

A palha da cana-de-açúcar é deixada para trás após a colheita, pois a parte de maior interesse, que possui maior quantidade de açúcares para a produção de etanol, é o colmo. De acordo com Santos *et al.* (2012), a cada tonelada de cana-de-açúcar processada são gerados cerca de 140 kg de palha e 140 kg de bagaço, e uma tonelada de palha gera em torno de 287 L de etanol. Dessa forma, a palha apresenta um grande potencial para geração de calor, eletricidade e produção de etanol celulósico.

O bagaço da cana-de-açúcar é gerado após a etapa de moagem e pode ter diversas finalidades, como na utilização de matérias-primas para a produção de celulose e papel, forragem para animais, gerador de energia elétrica ou adubo para melhorar a qualidade do solo e evitar o surgimento de erva daninha (MARQUES, 2013).

O bagaço da acerola é rico em fibras e em substâncias que apresentam potencial antioxidante, na qual podem ser reutilizados na composição de novos produtos alimentícios, extremamente funcionais, proporcionando um benefício fisiológico adicional (MONTEIRO *et al.*, 2020). Uma outra alternativa para o bagaço da acerola é utilizar como fonte lignocelulósica para obter açúcares fermentescíveis que serão convertidos em etanol (SILVA, 2014). Os resíduos provenientes do processamento da acerola representam até 40 % do volume total (SANTOS *et al.*, 2010).

O vinhoto é um resíduo altamente poluente que consiste na fração residual que sobra dentro do alambique de destilação da aguardente. De acordo com Freire e Cortez (2000), o vinhoto é cerca de cem vezes mais poluente que o esgoto doméstico e o seu descarte é extremamente nocivo ao meio ambiente. De certa forma esse resíduo pode ser reaproveitado para a produção de biogás e bioetanol ou como fertilizante orgânico por conter matéria orgânica e minerais, ou até mesmo para a ração animal (MARQUES, 2013).

## 2.7 Sistema de limpeza

O sistema de limpeza é fundamental para garantir a segurança e a qualidade da aguardente composta produzida, para isso é necessário etapas de limpeza e sanitização das superfícies, dos equipamentos, dos utensílios e do ambiente de processamento, que possuem o objetivo de remover os resíduos, eliminar os microrganismos patogênicos e reduzir os deteriorantes.

Segundo Schmidt (1997), limpeza é a remoção total de resíduos sólidos presentes nas superfícies através da utilização de detergentes químicos, já a sanitização está relacionada na redução da população microbiana até níveis seguros, com ação da temperatura ou a utilização de agentes sanitizantes químicos, como o hipoclorito de sódio e ácido peracético. A temperatura aplicada no processo de sanitização tende a aumentar a eficiência do processo, pois os efeitos químicos aumentam linearmente com a temperatura (ANDRADE; MACEDO, 1996).

O sistema adotado foi o CIP (*Clean in place*), caracterizado por realizar limpeza dos circuitos de tubulações e dos equipamentos, sem que tenha a necessidade de abrir ou desmontar, de forma cinética. Esse sistema possui eficiência comprovada na remoção de tipos de resíduos que possam resultar na proliferação microbiana (ANDRADE; MACEDO, 1996). Para que esse sistema seja realmente eficaz é necessário a combinação de quatro parâmetros conhecidos como 4Ts: temperatura, tempo, titulação (concentração) e turbulência. Dessa forma, esses parâmetros devem agir em conjunto e se tiver a alteração de algum, precisa-se compensar com outros fatores para obter os mesmos resultados (LELIVELD; MOSTERT; HOLAH, 2005).

## 2.8 Utilidades e operações auxiliares

A produção de aguardente composta depende de várias utilidades e operações auxiliares, como sistema de aquecimento e resfriamento de líquidos, produtos químicos para a limpeza de equipamentos, tratamento de água e tratamento de efluentes. Dentre essas, as principais serão apresentadas nos subtópicos seguintes.

### 2.8.1 Sistema de aquecimento

O sistema de aquecimento é utilizado na etapa de fermentação, destilação e limpeza CIP. No processo de destilação é utilizado um sistema de aquecimento à vapor por meio de uma caldeira flamotubular produzindo calor através da combustão do bagaço de cana.

No sistema de limpeza CIP a utilização de água quente é mais viável, pois gera custos mais baixos, se comparada com a utilização de vapor, e é de fácil operação. As condições de processo variam de 77 °C durante 15 minutos a 93 °C durante 5 minutos (LEITÃO, 1975).

### **2.8.2 Sistema de resfriamento**

O sistema de resfriamento é conduzido por tanques de água resfriada que bombeiam água resfriada para as camisas das dornas de fermentação com o intuito de manter a dorna com a temperatura ideal, que gira em torno de 28 a 32 °C, para a fermentação, tendo assim uma temperatura constante, sem oscilações. Além disso, esse sistema de resfriamento também é utilizado na destilação para condensar os vapores que passam pela serpentina imersa em um tanque com água resfriada.

### **2.8.3 Tratamento de água**

Um dos principais componentes da aguardente composta é a água, dessa forma as suas propriedades são de extrema importância para a qualidade do produto final. Como dito no tópico 2.4.1 deste trabalho, a água é utilizada em diversas etapas do processamento, tanto de forma primária quanto secundária, e deverá obedecer aos padrões exigidos para água potável.

Dessa forma, para assegurar a qualidade da água utilizada nas etapas primárias é importante realizar um tratamento simples com filtro aço inox com carvão ativado para remover as impurezas e possíveis odores que possam prejudicar o processo final da aguardente composta. Além disso, também deve ser realizado as análises físico-químicas e microbiológicas da água para garantir a sua potabilidade.

Para a limpeza das 3,4 toneladas de cana-de-açúcar e dos 290 kg de acerola que são utilizados em um dia de produção, serão consumidos 2.150 L de água, na qual 90 % será reutilizada para a limpeza da fábrica. Já a água que foi utilizada para a limpeza da moenda, dos coadores, dos tanques de decantação, da recepção e das tubulações deve ser encaminhada para o tanque do vinhoto para ser tratada ou reaproveitada de outra forma, pois o despejo direto em rios pode causar uma eutrofização e, conseqüentemente, a morte de peixes (SOUZA *et al.*, 2014).

#### **2.8.4 Tratamento de efluente**

Os resíduos industriais líquidos, em sua grande maioria, têm como composição principal os restos das matérias-primas utilizadas nos processos produtivos e que não são aproveitadas totalmente. Uma forma de solucionar esse problema é utilizar um sistema de tratamento de efluentes adequado para reduzir o potencial poluidor destes resíduos (PARENTE; SILVA, 2002). De acordo com a resolução n° 430, de 13 de maio de 2011, que complementa e altera a Resolução n° 357, de 17 de março de 2005, aborda sobre os efluentes industriais que devem passar por tratamento para eliminar ou neutralizar substâncias que possam alterar as características dos corpos hídricos, na qual serão despejados.

Dessa forma, a terceirização de serviços para o tratamento de efluentes e resíduos orgânicos, além de realizar o descarte correto, é de certa forma o mais indicado para fábricas com baixa e média geração dos mesmos, pois não há necessidade de arcar com o investimento para construção, operação e manutenção da planta de tratamento, o que liberaria recursos para investir na função principal da fábrica que é a produção de aguardente composta.

### 3 METODOLOGIA

Ao longo deste tópico os métodos utilizados para o desenvolvimento e caracterização do projeto serão determinados. O estudo foi realizado a partir de dados disponibilizados por um Engenho, localizado em Viçosa do Ceará.

#### 3.1 Definição dos equipamentos, acessórios e utilidades

São os mais variados os equipamentos de produção de aguardente abrangendo os meios de aquecimento e resfriamento, por meio dos quais se realizam processos, somados a acessórios e utilidades. Devem ser determinados os equipamentos utilizados os seus tipos em concordância com os padrões existentes nas indústrias produtoras de aguardente atuais, para se entender e quantificar os processos existentes de cada etapa.

#### 3.2 Balanço de massa

O balanço de massa é essencial para todos os processos industriais que envolvem alimentos e bebidas, pois permite uma avaliação quantitativa do fluxo de matéria entre as correntes que escoam no interior do equipamento, otimizando e controlando o processo para evitar desperdícios. Dessa forma, o princípio básico do balanço de massa é a conservação de massa, ou seja, a quantidade de massa que entra deve ser igual a quantidade de massa que sai. Partindo desse princípio, para realizar o dimensionamento dos equipamentos utilizados é necessário executar os cálculos para obter o balanço material aplicado nas operações unitárias em estudo.

A equação de balanço de massa global para um sistema em batelada sem reação química é determinada pela Equação 2.

$$\dot{M}_E = \dot{M}_S \quad (2)$$

Já para realizar o balanço de massa parcial que possui reação química, foram utilizados os dados experimentais reportados por Pinheiro (2015) na etapa da fermentação, tendo como início para os cálculos a Equação 3 abaixo.

$$\frac{dm}{dt} = \dot{M}_E - \dot{M}_S + R_A \quad (3)$$

Sendo:

$dm/dt$ : o acúmulo temporal ( $\text{g.h}^{-1}$ ),

$\dot{M}_E$ : a taxa mássica de entrada no tanque de fermentação ( $\text{g.h}^{-1}$ ),

$\dot{M}_S$ : a taxa mássica de saída no tanque ( $\text{g.h}^{-1}$ ),

$R_A$ : a taxa de geração mássica na reação química ( $\text{g.h}^{-1}$ ).

Considerando que o referido processo fermentativo ocorre em batelada ( $\dot{M}_E = \dot{M}_S = 0$ ), a equação global do balanço de massa pode ser simplificada em:

$$\frac{dm}{dt} = R_A \quad (4)$$

Tendo em vista as variações nas concentrações de biomassa (X), substrato: glicose (S) e produto: etanol (P), é necessário um estudo de balanço de massa individual para esses componentes no tanque de fermentação.

Dessa forma, para o balanço de massa para as células (X) é aplicado a Equação 5, para o balanço de massa do substrato (S) é aplicado a Equação 6 e para o balanço de massa do produto (P) é aplicado a Equação 7.

$$\frac{d(X.V)}{dt} = r_X \cdot V \quad (5)$$

$$\frac{d(S.V)}{dt} = -r_S \cdot V \quad (6)$$

$$\frac{d(P.V)}{dt} = r_P \cdot V \quad (7)$$

Sendo,

X: concentração de células ou biomassa ( $\text{g.L}^{-1}$ ),

S: concentração de substrato ( $\text{g.L}^{-1}$ ),

P: concentração de produto ( $\text{g.L}^{-1}$ ),

V: volume reacional (L),

t: tempo (h),

$r_X$ : taxa de geração de células ( $\text{g.L}^{-1}.\text{h}^{-1}$ ),

$r_s$ : taxa de consumo de substrato ( $\text{g.L}^{-1}.\text{h}^{-1}$ ),

$r_p$ : taxa de formação de produto ( $\text{g.L}^{-1}.\text{h}^{-1}$ ).

Foi definido como base de cálculo a quantidade desejada de aguardente composta final de cada batelada. Os cálculos foram realizados de forma inversa, iniciando pela obtenção do produto, dessa forma de acordo com os processos que envolvem transferência de massa a primeira etapa seria a destilação, seguindo para fermentação, diluição, filtração/decantação, extração da polpa de acerola e moagem. Com isso, foi possível obter as entradas e saídas de insumos, matérias-primas e resíduos de cada etapa.

### **3.3 Elaboração de fluxogramas**

Uma forma de mapear um fluxo de processamento é utilizar fluxogramas para descrever analiticamente as operações e as tarefas realizadas, indicando as sequências a serem seguidas e as unidades envolvidas, gerando assim uma visão mais nítida de todo o processo (SANTOS *et al*, 2015).

Para a elaboração dos diagramas foi utilizado o software de diagramas técnicos de negócios em 2D *Edrawmax* para montar o diagrama de blocos e o de processo.

#### **3.3.1 Diagrama de blocos – BFD (Block Flow Diagram)**

O diagrama de blocos (BFD) é muito utilizado para fornecer uma visão geral do processo com todas as etapas de uma forma simples e resumida, sem muitos detalhes. São utilizadas formas gráficas como círculos, retângulos e setas para demonstrar a ordem em que o processo produtivo ocorre, apontando também a entrada da matéria-prima e a saída dos resíduos gerados.

#### **3.3.2 Diagrama de processo – PFD (Process Flow Diagram)**

O diagrama de processo (PFD) é mais complexo, pois demonstra de forma mais detalhada todo o processo produtivo, contendo todos os equipamentos, tubulações, válvulas e bombas utilizadas de acordo com o fluxo a ser seguido.

Nesse diagrama é importante apresentar a identificação dos equipamentos, bombas, válvulas e tubulações por meio de códigos, conhecido como TAG, para facilitar o entendimento

do fluxograma. Além disso, como forma de complementar o fluxograma, foi elaborado uma tabela contendo os equipamentos, os resíduos, os insumos, as bombas, as válvulas e as correntes que passam nas tubulações, juntamente com suas devidas TAG's enumeradas.

### **3.4 Dimensionamento de equipamentos**

A partir dos dados calculados no balanço de massa é possível obter dados que facilitam a escolha dos equipamentos necessários para a fabricação da aguardente composta, como volumes e vazões.

### **3.5 Layout**

Na elaboração do *layout* foi utilizado o software AutoCAD versão 2018, visando obter uma visão mais realística do processo, levando em conta as dimensões dos equipamentos apresentadas pelos fornecedores e as áreas das salas de acordo com o espaço físico do terreno, além de obedecer a NR 12, em relação aos espaços entre os equipamentos e as áreas de circulação. Como uma forma de aumentar a flexibilidade da produção e aprimorar a utilização da área produtiva foi desenvolvido um projeto que segue o fluxo de processos de forma contínua.

### **3.6 Viabilidade econômica**

A análise de viabilidade econômica é realizada com o intuito de verificar se a execução do projeto é economicamente viável ou não. Dessa forma, foi realizado uma coleta de dados econômicos obtidos por meio de sites de fornecedores especializados, documentos técnicos e legislações, visando obter um valor referente aos gastos para o levantamento da fábrica artesanal de aguardente composta em Viçosa do Ceará – CE.

#### **3.6.1 Investimento inicial**

O investimento inicial é o capital que deve ser empregado com o objetivo de gerar uma receita futura, dessa forma se enquadra no investimento ativo permanente todos os gastos que não mudam sua natureza contábil e possuem caráter essencial e duradouro, como equipamentos, terreno, construção do galpão e móveis da administração.

### **3.6.2 *Custo de operação***

Os custos de operação incluem tudo aquilo que contribui de forma direta ou indireta para a fabricação da aguardente composta, como os custos com a matéria-prima, com as embalagens primárias e secundárias, com a mão-de-obra direta e indireta e com as utilidades.

### **3.6.3 *Receita***

Para calcular a receita da fábrica deve ser realizado uma pesquisa de mercado, a fim de obter os valores médios das aguardentes compostas disponíveis e a partir disso estipular o preço unitário da garrafa de 700 mL de aguardente com base nas quantidades produzidas.

### **3.6.4 *Financiamento***

O banco oferece dois tipos de financiamento o *Price* (Sistema de Prestações Constantes) e o SAC (Sistema de Amortização Constante). O SAC consiste em um sistema que aplica inicialmente prestações mais altas que com o tempo vão diminuindo, porém o valor da amortização continua o mesmo no decorrer dos anos. Já o *Price* consiste em um sistema que possui prestações iguais, porém no decorrer dos anos o valor da amortização aumenta. A decisão de escolha de qual sistema é melhor cabe a pessoa jurídica idealizadora do projeto.

### **3.6.5 *Fluxo de caixa***

O fluxo de caixa representa uma avaliação das entradas e saídas de dinheiro dentro de um tempo pré-determinado, com o intuito de servir de base para a obtenção de indicadores financeiros e dar apoio as decisões empresariais.

Para uma melhor visualização do fluxo de caixa pode-se optar por fazer um diagrama que representa todas as entradas e as saídas durante um período pré-determinado. Portanto, o fluxo de caixa é projetado em dez anos referente ao tempo de depreciação total dos equipamentos, onde o ano 0 é destinado ao investimento inicial que envolve a compra do terreno, a construção do galpão industrial, a compra dos equipamentos e móveis da administração e a perfuração do poço.

### 3.6.6 Indicadores econômicos

Os indicadores econômicos utilizados nesse projeto foram o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Tempo de Retorno do Investimento (*Payback*).

O Valor Presente Líquido (VPL) tem a finalidade de medir o valor presente dos fluxos de caixa gerados no projeto ao longo de sua vida útil. Dessa forma, a partir da Equação 8, pode-se obter o VPL que acima de zero indica que o projeto é economicamente viável.

$$VPL = -I + \sum_{t=0}^n \frac{FC_t}{(1+K)^t} \quad (8)$$

Onde:

VPL: Valor presente líquido;

FC<sub>t</sub>: Fluxo de caixa do período t;

I: Investimento inicial;

K: custo do capital ou taxa mínima de atratividade (TMA);

t (1; n): Período abrangido pelo projeto.

Já a Taxa Interna de Retorno (TIR), representada na Equação 9, tem o objetivo de calcular a taxa de desconto que um fluxo de caixa deve ter para que o VPL iguala à zero. Além disso, a TIR calcula a rentabilidade do projeto, avaliando a taxa mínima de retorno aceitável.

$$VPL = -I + \sum_{t=0}^n \frac{FC_t}{(1+TIR)^t} = 0 \quad (9)$$

Portanto, a TIR deve ser maior que o custo de capital ou a taxa mínima de atratividade para que o projeto seja considerado economicamente viável.

O *payback* é um cálculo realizado para determinar o tempo de retorno do investimento inicial. Existem dois tipos de *payback* mais utilizados, o simples e o descontado. O *payback* simples consiste no tempo de retorno do investimento, na qual iguala os fluxos de caixas acumulados ao montante investido inicialmente. Já o *payback* descontado também irá calcular o tempo de retorno do investimento, porém com a aplicação da taxa mínima de atratividade (TMA). Nesse projeto, foi utilizado o *payback* descontado, na qual o tempo determinado deve ser aceito e satisfatório para o proprietário para que o projeto seja efetivado (GIACOMIN, 2008).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste tópico será apresentado os resultados obtidos conforme os objetivos do projeto, definindo detalhadamente o balanço de massa das etapas, o dimensionamento dos equipamentos utilizados, a análise de viabilidade econômica do projeto e os fluxogramas do processo de fabricação da aguardente.

### 4.1 Definição dos equipamentos, acessórios e utilidades

Uma balança industrial do tipo plataforma deverá ser selecionada para a pesagem da cana-de-açúcar e uma balança de precisão para as demais matérias-primas, como acerola, nutrientes (farelo de arroz e fubá de milho) e pé-de-cuba.

O filtro de água com carvão ativado é um equipamento optativo que irá possuir a finalidade de remover as impurezas e os possíveis odores presentes na água utilizada no processo de produção da aguardente composta.

Para a moagem da cana-de-açúcar deverá ser utilizada uma moenda com alimentação manual e sistema redutor planetário, com acionamento direto do motor de 5 CV, isento de polias e correias, apresentando eixos em aço 1045 com 2.1/2 polegadas de diâmetro enchavetados nos rolos das moendas com apenas um terno. Para a capacidade de produção desejada, a moenda deve ser capaz de moer 560 kg/hora de cana-de-açúcar a 21° Brix, porém deve ser considerada uma capacidade a mais para eventuais diminuições do °Brix.

Após a moagem da cana, o caldo deverá ser submetido a filtração por uma peneira de aço inoxidável fixa de malha fina, com cerca de 1,0 mm de abertura, com o intuito de eliminar impurezas físicas, como bagaço, sementes e folhas. Em seguida passará por dois decantadores de passagem em aço inox AISI 304, cada um com capacidade de 160 L.

Para a extração da polpa de acerola deverá ser selecionada uma máquina despulpadeira do tipo horizontal, com capacidade de 150 kg de fruto por hora, na qual passará por dois filtros, um de 0,8 mm e outro de 1,5 mm, para separar as cascas e sementes da polpa.

A polpa de acerola e o caldo de cana deverão ser encaminhados para uma dorna de preparo, na qual irá ocorrer a adição de água, para a regulação do °Brix, e em seguida será adicionado o fermento e o pé-de-cuba para a fermentação.

As dornas de fermentação são tanques cilíndricos de aço inoxidável AISI 304, com fundo cônico, encamisados e resfriados a partir de tanques com água resfriada para controle de temperatura do vinho e agitadores. Por ser um processo descontínuo deverá ser utilizado várias

dornas com capacidade menor que as que são aplicadas em processos contínuos. A dorna volante possui a mesma estrutura da dorna de fermentação, porém ao invés de ser resfriada ela é aquecida pela fração “cauda” que sai do alambique e vai para camisa da dorna volante, aumentando o rendimento e evitando o gasto de energia.

A destilação do vinho deverá ocorrer em um alambique de cobre simples modelo coluna com deflegmador e apenas um corpo, na qual o sistema de aquecimento é através de vapor produzido por uma caldeira do tipo flamotubular alimentada com o bagaço da cana-de-açúcar. O tipo de alambique tem acoplado ao “capacete” do destilador uma tubulação de cobre, concedida como “pescoço de cisne” que conduz o vapor das frações do destilado até a serpentina. A serpentina é formada por um tubo cilíndrico também de cobre, na qual está imersa em um tanque com água fria para promover a condensação das frações.

Para o envelhecimento deverá ser utilizado barril de madeira de carvalho e para manter a qualidade deverão estar dispostos em locais frescos limpos e protegidos, armazenado na horizontal em estantes com capacidade para 9 barris cada. Para a linha produtiva deverão ser selecionados 30 barris de madeira de carvalho de 180 L para a produção da aguardente composta envelhecida.

No envasamento serão utilizadas máquinas com material de aço inoxidável que permitam o envase por gravidade, acoplado com um filtro para impurezas em celulose com carcaça de polietileno. Para a lavagem das garrafas deverá ser utilizado uma enxaguadora de dois bicos de pressão em aço inox. Após o envase, as garrafas deverão passar por uma máquina tamponadeira do tipo conta-gotas. A rotulagem pode ser feita de forma manual com ajuda de uma rotuladora. Após passar pela rotulagem, as garrafas já preenchidas devem ser encaixotadas em caixas de papelão com divisórias que suportam 6 garrafas cada.

Para as tubulações de produção deverão ser utilizadas o material AISI 304 e para todas as para as linhas de vapor d’água deverá ser utilizadas o material AISI 304H, que trabalha com altas temperaturas, pois na sua composição tem uma quantidade mínima exigida de carbono (0,04%). Para o transporte do produto e do vapor d’água deverão ser utilizadas bombas centrífugas de aço inoxidável com material AISI 304.

Deverão ser selecionadas válvulas de controle que tem o intuito de controlar continuamente ou liga-desliga a vazão em qualquer direção. Nas linhas iniciais até a diluição deverão ser utilizadas válvulas do tipo borboleta, pois são normalmente usadas em linhas de grandes diâmetros e com sólidos em suspensão. A partir da diluição até o final do processo as válvulas selecionadas são do tipo diafragma, que apresenta baixa perda de carga e atende as necessidades do processo para bloquear e controlar o fluxo. Já para tubulações de vapor d’água

deverá ser selecionada a válvula do tipo esfera em aço inoxidável, pois possui a capacidade de suportar altas temperaturas e pressões, além de possuir uma boa vedação e contribuir com a redução de energia perdida e riscos de segurança no sistema de vapor. Nas linhas de transporte de água resfriada deverá ser utilizada a válvula globo que é a mais utilizada para controle contínuo.

Entre a serpentina condensadora e a caixa coletora das frações de aguardente deverá ter um purgador de vapor em aço inox, para evitar que ocorra qualquer tipo de vazamento de vapor.

Em todos os tanques de processo deverão ser utilizados visores de níveis. Deverão ser utilizados indicadores e controladores de temperatura nos tanques em que há troca térmica para garantir a temperatura ideal do processo e a qualidade do produto. Como uma medida de segurança deverão ser utilizadas válvulas de alívio no alambique e na caldeira. O sacarímetro, medidor de °Brix, deve ser utilizado na maioria das etapas de processamento para ter um controle melhor sobre o teor de açúcar na solução em análise.

## **4.2 Balanço de massa**

O balanço de massa da aguardente composta foi realizado de forma inversa, iniciando na etapa da destilação, onde definiu-se como base de cálculo que no final do processo geraria 50 L/batelada de aguardente composta. Dessa forma, foi definido que com 24 horas de trabalho diário se produziria 300 L/dia de aguardente composta.

### **4.2.1 Destilação**

Determinou-se a base de cálculo como a quantidade desejada de aguardente no final do processo. Para atender a demanda de produção de uma fábrica de pequeno porte foi considerado que será produzido 62,5 L de aguardente, onde 20% corresponde a fração “cabeça” (10%) e a “cauda” (10%), que não serão utilizadas. Dessa forma, é considerado apenas 50 L/bat de aguardente composta que é referente a 80% do produzido. Porém, 1/3 da fração “cabeça” e “cauda” pode voltar para a destilador para destilar outra carga de vinho fermentado. Uma porcentagem da fração “cauda” retirada passa pela camisa da dorna volante, com o intuito de aumentar a temperatura do vinho que sai do fermentador para entrar no alambique, aumentando assim o rendimento e diminuindo o gasto de energia.

A densidade final adotada para a aguardente composta foi de  $0,95 \text{ g/cm}^3$ , é igual aos valores encontrados para aguardente de jabuticaba (ASQUIERI; SILVA; CÂNDIDO, 2009) e aguardente de cana (BIZELLI; RIBEIRO; NOVAES, 2000). Portanto, 62,5 L de aguardente total multiplicado pelo valor da densidade corresponde a uma massa de 59,37 kg, onde 47,5 kg é referente a fração “coração”.

A vinhaça é um resíduo líquido e escuro da destilação do vinho na produção de aguardente e a cada 100 L de aguardente são produzidos 600 L de vinhaça, na qual o seu principal componente é a água. Portanto, 62,5 L de aguardente gera 375 L de vinhaça, cuja apresenta a densidade de  $1,143 \text{ g/cm}^3$  (CAMARGO *et al*, 2009) e, conseqüentemente, uma massa de 428,625 kg.

Através do balanço de massa total apresentado nas Equações abaixo, determinou-se a quantidade de mosto fermentado que entra no destilador.

$$E = S \quad (10)$$

$$m_{\text{vinho fermentado}} = m_{\text{fração cabeça}} + m_{\text{fração coração}} + m_{\text{fração cauda}} + m_{\text{vinhaça}} \quad (11)$$

$$m_{\text{vinho fermentado}} = 5,93 + 47,5 + 5,93 + 428,625 \quad (12)$$

$$m_{\text{vinho fermentado}} = 487,99 \text{ kg/bat} \quad (13)$$

Foi considerado que a cada 18 litros de vinhaça se produz um 1 litro de álcool, ou seja, a cada em 375 litros de vinhaça têm-se 5,5 % de álcool, porém essa proporção pode depender da natureza da matéria-prima processada. Dito isso, pode-se calcular pelas Equações abaixo a fração de álcool total do destilado.

$$(m_{\text{vinho fermentado}} \times x_{a,vf}) = (m_{\text{destilado}} \times x_{a,d}) + (m_{\text{vinhaça}} \times x_{a,v}) \quad (14)$$

$$487,99 \times 0,101 = 59,37 \times x_{a,d} + 428,625 \times 0,055 \quad (15)$$

$$x_{a,d} = 0,4331 \text{ ou } 43,31 \% \quad (16)$$

Logo, a graduação alcóolica de cada fração destilada pode ser definida através da Equação 17. Levando em conta que a fração cabeça possui um teor alcóolico alto, em torno de 50 % a 70 %, já a fração cauda possui um teor alcóolico mais baixo em torno de 10 % a 38 %. Dessa forma, foi considerado que para a fração cabeça o teor alcóolico seria de 60 % e para a fração cauda o teor alcóolico seria de 20 %.

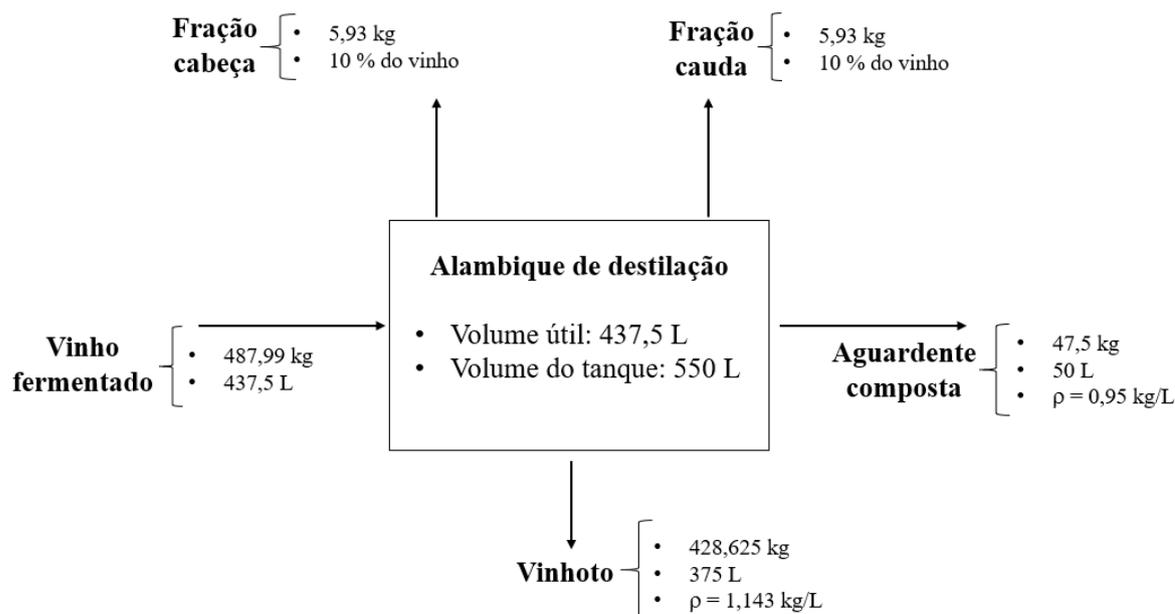
$$(m_{\text{dest}} \times x_{a,d}) = (m_{\text{fr.cabeça}} \times x_{a,fc b}) + (m_{\text{fr.coração}} \times x_{a,fc r}) + (m_{\text{fr.cauda}} \times x_{a,fc d}) \quad (17)$$

$$59,37 \times 0,4331 = 5,93 \times x_{a,fc b} + 47,5 \times x_{a,fc r} + 5,93 \times x_{a,fc d} \quad (18)$$

$$25,71 = 5,93 \times 0,6 + 47,5 \times x_{a,fc r} + 5,93 \times 0,2 \quad (19)$$

$$x_{a,fc r} = 0,4414 \text{ ou } 44,14 \% \quad (20)$$

Figura 5 - Balanço de massa da etapa de destilação



Fonte: A autora.

De acordo com os cálculos resumidos na Figura 5, o volume útil do alambique é 437,5 L e que deve representar apenas 80 % da capacidade total do alambique, pois o líquido aquecido e os vapores devem ter espaço para expandir. Sendo assim, o volume total do alambique é aproximadamente 550 L.

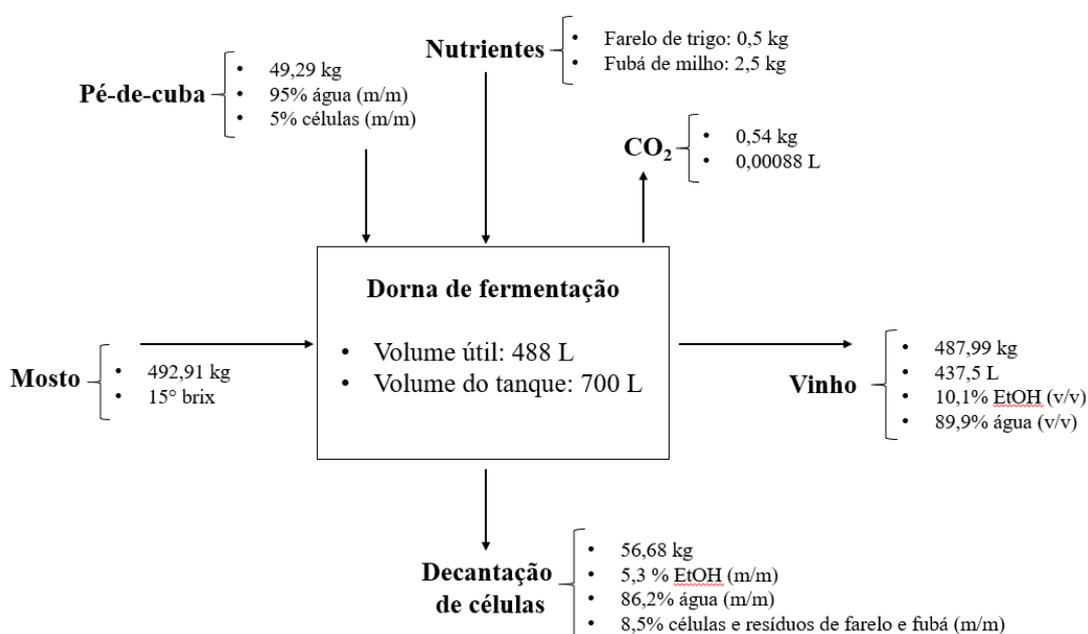
#### 4.2.2 Fermentação

Para a preparação do mosto são adicionadas 1 kg de farelo de arroz e 5 kg de fubá de milho a cada 1000 L, como fonte de nutrientes para as leveduras (PINTO, 1991). O pé-de-cuba é referente a 10 % da massa do mosto. No final do processo fermentativo as células de leveduras se decantam no fundo da dorna e depois são reutilizadas no próximo ciclo.

A obtenção das vazões e composições das correntes que entram e saem da dorna de fermentação foi possível devido a adoção de algumas hipóteses, como rendimento prático de 90% do rendimento teórico ou estequiométrico (100 g de glicose são convertidos em 51,11 g

ou 63,34 mL de etanol) e teor alcoólico do vinho como sendo de 10% (v/v). Dados cinéticos de rendimento de conversão de substrato em biomassa ( $Y_{X/S}$ ), rendimento de conversão de substrato em produto ( $Y_{P/S}$ ), coeficiente de manutenção celular ( $m_X$ ), velocidade máxima de crescimento celular ( $\mu_{MÁX}$ ) e concentração inicial de células ( $X_0$ ) para o cultivo de *Saccharomyces cerevisiae* reportados por Pinheiro (2015), foram considerados neste balanço de massa. A Figura 6 a seguir apresenta as vazões e composições das correntes que entram e saem do tanque de fermentação em cada batelada.

Figura 6 - Balanço de massa referente a etapa da fermentação



Fonte: A autora.

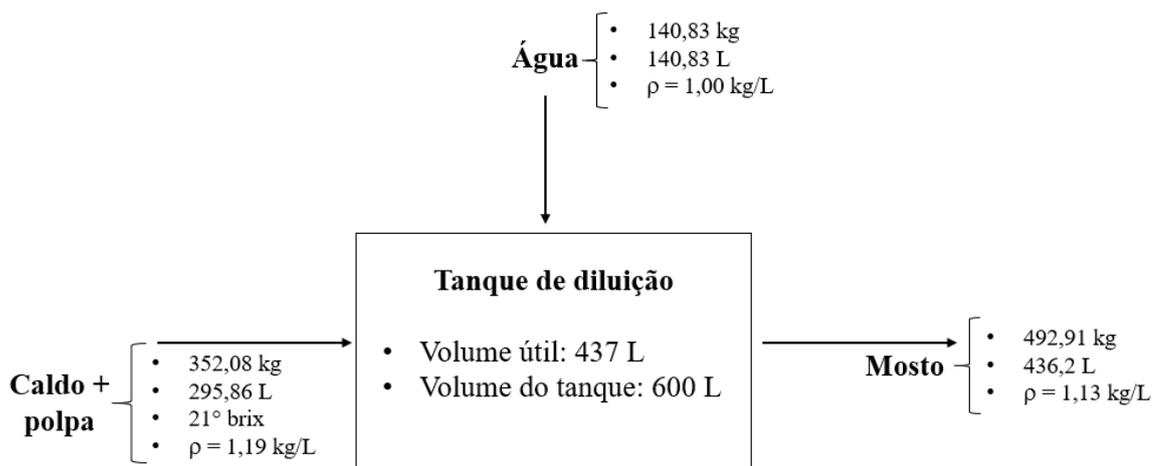
De acordo com os cálculos do balanço de massa o volume útil da dorna de fermentação de 488 L e deve preencher apenas 70% da capacidade total da dorna, devido a formação de espuma, sendo assim a sua capacidade total equivale a 700 L.

#### 4.2.3 Diluição

O caldo mais a polpa de acerola a ser diluída apresenta 21 °Brix, o mesmo adotado por Begnini *et al* (2016), com densidade 1,19 kg/L. Dessa forma, para determinar a quantidade de água a ser adicionada no mosto para a diluição até 15 °Brix, que é o desejado, foi utilizado o diagrama de Cobenze, conforme descrito anteriormente na Figura 4 do tópico 2.5.5.

Portanto, a cada 15 kg de caldo são adicionados 6 kg de água. Diante disso, foi realizado um cálculo de proporção, onde a massa do caldo diluído que sai do diluidor é 492,91 kg, a massa de água que entra no diluidor é 140,83 kg e a massa do caldo que entra é 352,08 kg, cuja a densidade é 1,19 kg/L e o volume é 295,86 L, conforme a Figura 7 abaixo.

Figura 7 - Balanço de massa referente a etapa de diluição



Fonte: A autora.

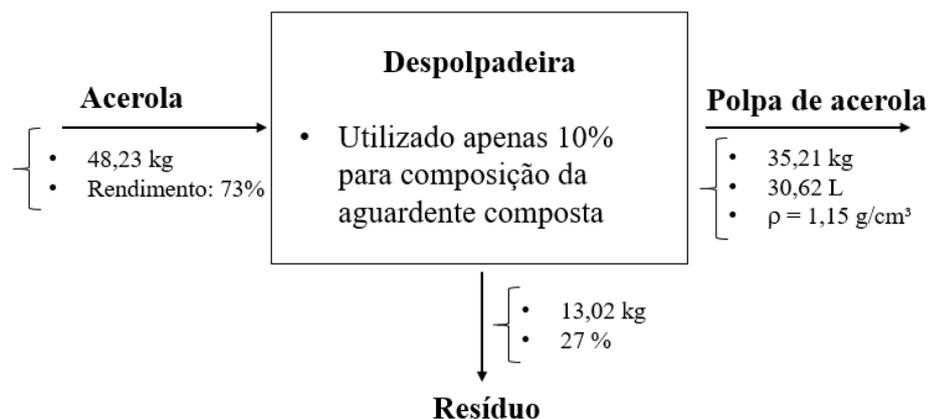
Foi considerado que para capacidade total do tanque de destilação deve ser considerado 27 % a mais devido as possíveis alterações que podem acontecer no °Brix da cana-de-açúcar. Dessa forma o volume útil desse tanque é 437 L e a capacidade total deve ser 600 L.

#### 4.2.4 Extração da polpa de acerola

De acordo com Caetano (2010), o rendimento encontrado para a extração da polpa de acerola foi 73% e o bagaço apresenta um teor de umidade bem baixo quando comparado com a utilização da prensa para extração do suco da acerola. Dessa forma, foi adotado a utilização de uma despoldadeira com rendimento de 73% na extração da polpa de acerola.

No entanto, para a produção da aguardente composta foi utilizada apenas 10% de polpa de acerola e 90% de caldo de cana. Portanto, a despoldadeira deve gerar 37,68 kg polpa de acerola. O valor da densidade da polpa de acerola é 1,15 g/cm<sup>3</sup> (SOARES, 2001). O balanço de massa para essa etapa pode ser demonstrado na Figura 8 abaixo.

Figura 8 - Balanço de massa da etapa de extração da polpa de acerola

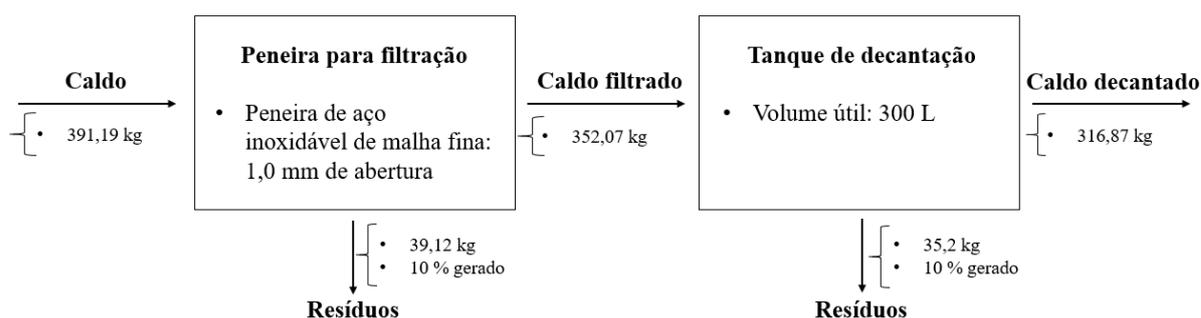


Fonte: A autora.

#### 4.2.5 Filtração/decantação

A filtração remove materiais em suspensão e impurezas maiores e a decantação remove impurezas mais finas, como terra e bagacilho. Dessa forma, na filtração o retido no filtro corresponde em torno de 8 % a 12 % do caldo que entra. Sendo assim, foi adotado que ficaria retido 10 % de resíduos no filtro. Já para a decantação a porção decantada nessa operação gira em torno de 6 a 10 %. Foi adotado 10% de sólidos sedimentados. Esses valores são demonstrados na Figura 9 Figura 9 abaixo.

Figura 9 - Balanço de massa da etapa de filtração e decantação



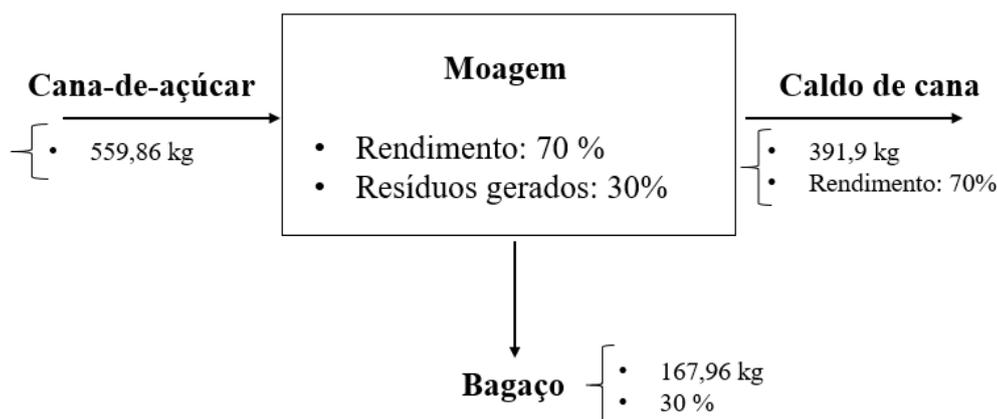
Fonte: A autora.

#### 4.2.6 Moagem

O rendimento da extração de caldo nas moendas varia entre 75 a 92%, dependendo da quantidade de ternos de moagem, do preparo da cana, do tipo de equipamento e da

embebição. Como o moinho a ser utilizado apresenta apenas um terno o rendimento cai para 70%. Segundo Silva, Jesus e Couto (2007), dependendo do engenho o bagaço apresenta em torno de 40 a 50 % de umidade e uma massa de 250 a 350 kg/tonelada. Esses valores podem ser demonstrados na Figura 10 abaixo.

Figura 10 - Balanço de massa da etapa de moagem da cana-de-açúcar



Fonte: A autora.

### 4.3 Elaboração de fluxogramas

Elaboração de dois tipos de fluxogramas/diagramas o de blocos e o de processo que estão demonstrados nos subtópicos a seguir.

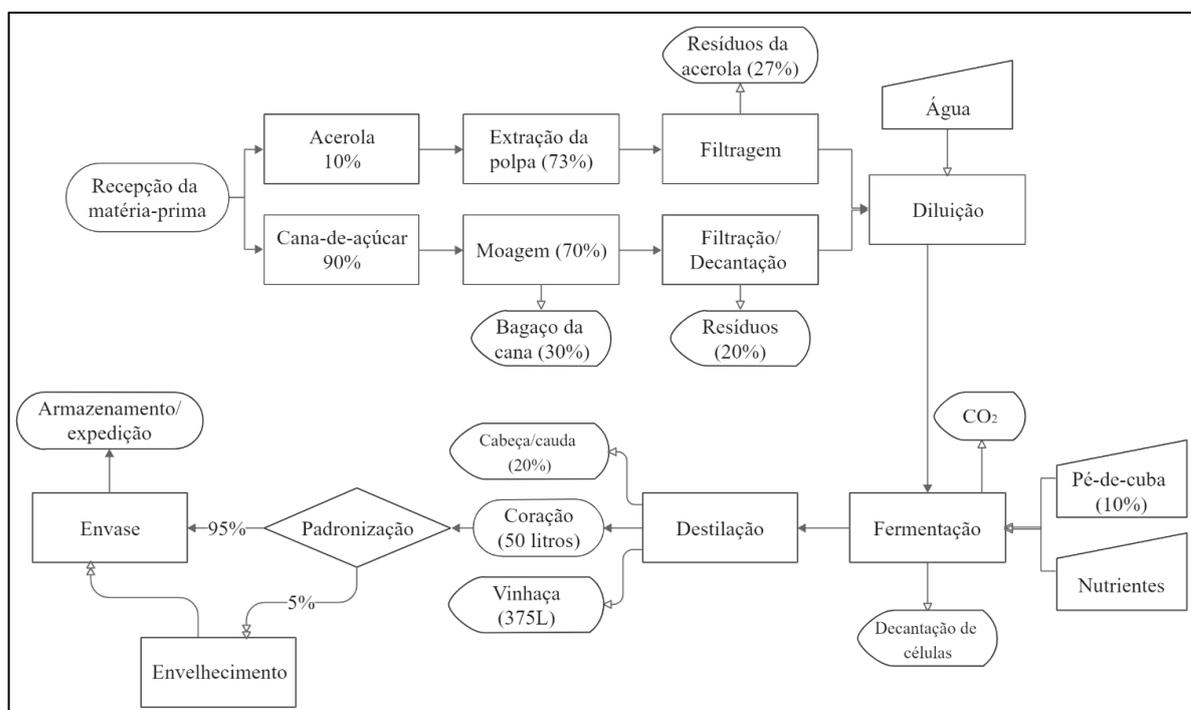
#### 4.3.1 Diagrama de blocos – BFD (Block Flow Diagram)

Com o intuito de obter uma melhor visualização do processo geral de produção da aguardente composta foi desenvolvido nesse estudo o diagrama de blocos apresentado na Figura 11. Nesse diagrama está contido todo o processo de fabricação em ordem de fluxo desde a entrada matéria-prima até a expedição, demonstrando todas as saídas dos resíduos que foram gerados.

Deste modo, em relação a proporção da polpa de acerola que deve ser adicionada na aguardente foi considerado a adição de apenas 10 %, pois a possível adoção de uma proporção maior pode ser prejudicial para a qualidade da bebida final, devido a quantidade de compostos fenólicos (taninos) presente na acerola que de certa forma são agentes inibitórios de microrganismos que poderão interferir diretamente na etapa de fermentação, além disso esses

compostos são responsáveis pela adstringência da fruta. No entanto, a adição de 10 % de polpa de acerola irá agregar valor à bebida, conferindo características sensoriais específicas e originais sem interferir no metabolismo da levedura (ROCHA *et al*, 2011).

Figura 11 - Diagrama de Blocos da produção de aguardente composta



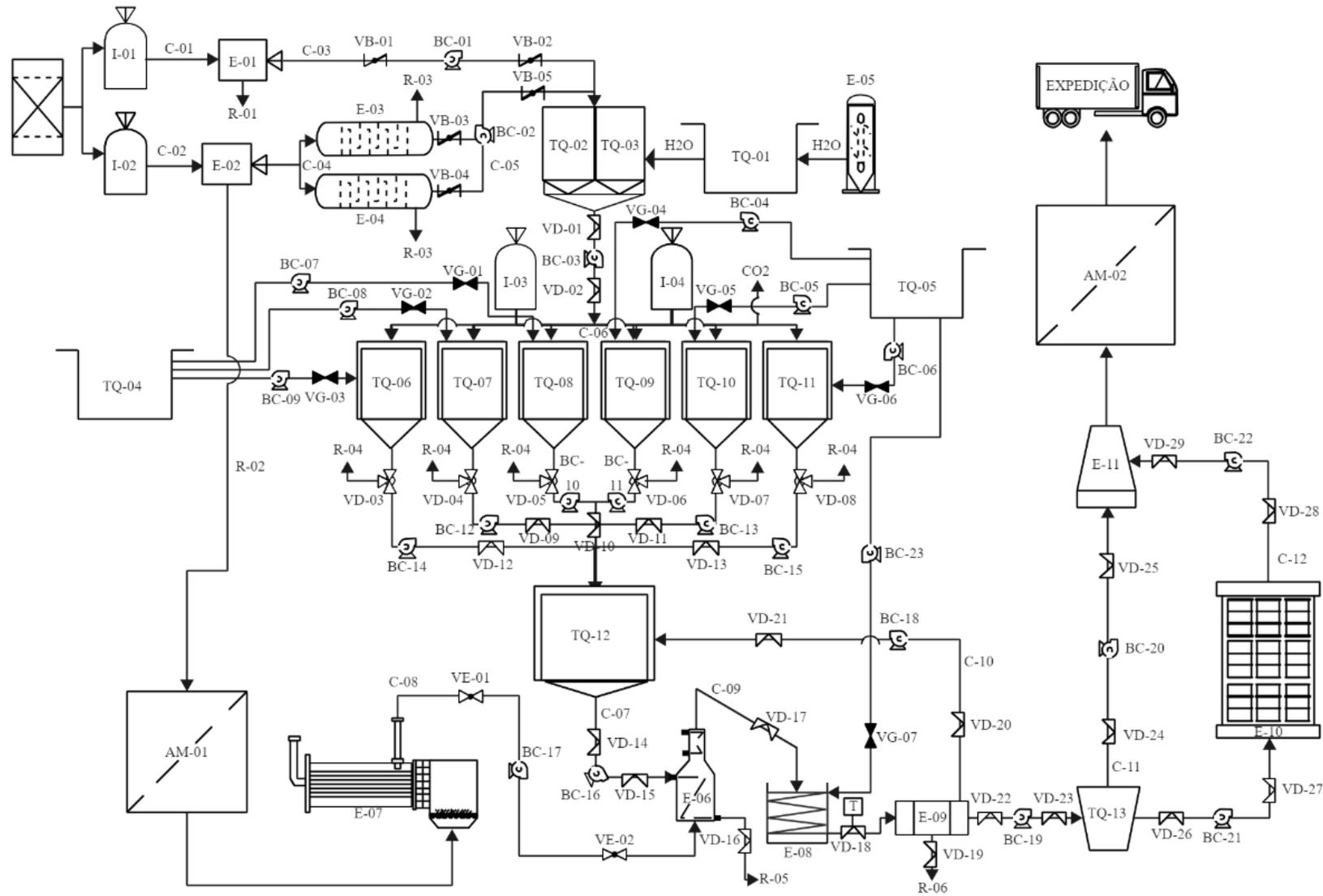
Fonte: A autora.

De acordo com a Figura 11, após o bloco da padronização o fluxo pode seguir para o envelhecimento ou para o envase. Neste trabalho, a maioria da aguardente composta produzida na destilação após ser padronizada, segue direto para a etapa de envase, destinando apenas 5 % da aguardente composta destilada para a etapa do envelhecimento.

#### 4.3.2 Diagrama de processo – PFD (Process Flow Diagram)

Para ampliar a visualização do processo de uma forma mais complexa foi desenvolvido o diagrama de processo (Figura 12) que demonstra as etapas envolvidas de forma mais detalhada contendo todos os equipamentos, tubulações, válvulas e bombas utilizadas de acordo com o fluxo a ser seguido.

Figura 12 - Diagrama de processo da produção de aguardente composta



Fonte: A autora.

Foram utilizadas válvulas borboleta (VB) no início do processo, válvulas diafragma (VD) no decorrer do processo, válvula esfera (VE) para a corrente de vapor d'água e válvula globo (VB) para a corrente de água resfriada. Em relação as bombas foram selecionadas bombas centrífugas (BC). As Tabelas 4 a 9 demonstram as legendas e os dados do fluxograma de processo apresentado na Figura 12.

Tabela 4 - Dados referentes ao armazenamento no fluxograma de processo

<b>ARMAZENAMENTO</b>		
<b>Código</b>	<b>Nome</b>	<b>Área</b>
AM-01	Armazenamento do bagaço	10,87 m <sup>2</sup>
AM-02	Armazenamento das garrafas	15,00 m <sup>2</sup>

Fonte: A autora.

Tabela 5 - Dados referentes aos insumos no fluxograma de processo

<b>INSUMOS</b>		
<b>Código</b>	<b>Nome</b>	<b>Massa</b>
I-01	Acerola	48,23 kg
I-02	Cana-de-açúcar	559,86 kg
I-03	Pé-de-cuba	49,29 kg
I-04	Nutrientes	3 kg

Fonte: A autora.

Tabela 6 - Dados referentes as correntes no fluxograma de processo

<b>CORRENTES</b>		
<b>Código</b>	<b>Nome</b>	<b>Massa</b>
C-01	Acerola	48,23 kg
C-02	Cana-de-açúcar	559,86 kg
C-03	Polpa de acerola	35,21 kg
C-04	Caldo de cana	391,9 kg
C-05	Caldo de cana filtrado e decantado	316,87 kg
C-06	Mosto diluído	492,91 kg
C-07	Vinho fermentado	487,99 kg
C-08	Vapor d'água	300 kg/h

C-09	Frações do destilado	59,36 kg
C-10	Fração cauda	5,93 kg
C-11	Aguardente composta	48,5 L
C-12	Aguardente composta envelhecida	2,5 L

Fonte: A autora.

Tabela 7 - Dados referentes aos equipamentos no fluxograma de processo

<b>EQUIPAMENTOS</b>		
<b>Código</b>	<b>Nome</b>	<b>Capacidade</b>
E-01	Despolpadeira	150 kg/h
E-02	Engenho/Moenda	700 kg/h
E-03	Filtro/Decantador 1	200 L
E-04	Filtro/Decantador 2	200 L
E-05	Filtro de água com carvão ativado	800 L/h
E-06	Alambique de cobre	600 L
E-07	Caldeira	300 kg/h
E-08	Tanque com água fria e serpentina	400 L
E-09	Caixa de coletora de aguardente	160 L
E-10	Estante com 9 barris de madeira de carvalho	180 L/barril
E-11	Máquina de envase	400 L/h

Fonte: A autora.

Tabela 8 - Dados referentes aos tanques no fluxograma de processo

<b>TANQUES</b>		
<b>Código</b>	<b>Nome</b>	<b>Capacidade</b>
TQ-01	Tanque de água potável	500 L
TQ-02	Tanque de diluição 1	600 L
TQ-03	Tanque de diluição 2	600 L
TQ-04	Tanque de água resfriada 1	200 L
TQ-05	Tanque de água resfriada 2	200 L
TQ-06	Dorna de fermentação 1	700 L

TQ-07	Dorna de fermentação 2	700 L
TQ-08	Dorna de fermentação 3	700 L
TQ-09	Dorna de fermentação 4	700 L
TQ-10	Dorna de fermentação 5	700 L
TQ-11	Dorna de fermentação 6	700 L
TQ-12	Dorna volante	600 L
TQ-13	Tanque de padronização	200 L

Fonte: A autora.

Tabela 9 - Dados referentes aos resíduos no fluxograma de processo

<b>RESÍDUOS</b>		
<b>Código</b>	<b>Nome</b>	<b>Massa</b>
R-01	Bagaço da acerola	13,02 kg
R-02	Bagaço de cana	167,96 kg
R-03	Impurezas do caldo	74,32 kg
R-04	Decantação de células	56,68 kg
R-05	Vinhoto	428,625 kg
R-06	Fração cabeça/cauda	11,86 kg

Fonte: A autora.

#### 4.4 Dimensionamento dos equipamentos

Neste tópico estão apresentados os dimensionamentos referentes aos equipamentos que foram selecionados para a fábrica de aguardente composta, com base no balanço de massa para mensurar as capacidades.

##### 4.4.1 Dimensionamento da balança

A quantidade de cana-de-açúcar necessária no processo, pelo balanço de massa, foi de 559,86 kg. Dessa forma, selecionou-se para a pesagem da matéria-prima no recebimento uma balança eletrônica industrial do tipo plataforma de alta precisão do fabricante Prix Toledo, modelo 2180R, com capacidade máxima de 600 kg, com as especificações apresentadas abaixo:

- a) Capacidade máxima: 600 kg;
- b) Sensibilidade de contagem: 10 g;

- c) Sensibilidade peso: 100 g;
- d) Dimensões (LxC): 1,0 m x 1,0 m – Perfil baixo;
- e) Material: Aço inox AISI 304.

Figura 13 - Balança plataforma Prix Toledo modelo 2180R



Fonte: Casa das balanças.

#### 4.4.2 Dimensionamento da moenda

A capacidade da moenda de cana-de-açúcar (Figura 14) foi definida visando moer a quantidade de cana-de-açúcar para uma batelada (559,86 kg) em menos de uma hora. Pelo catálogo do fornecedor Rani Pierotti, selecionou-se o modelo 06x08 com capacidade de moer 700 kg/h, com as especificações apresentadas abaixo:

- a) Motor: 5 CV ou 3,67 kW;
- b) Medida do eixo: 62,5 mm;
- c) Dimensões (AxLxC): 120x100x80cm;
- d) Peso: 500 kg.

Figura 14 - Moenda para cana-de-açúcar modelo 06x08



Fonte: Rani Pierotti.

#### **4.4.3 Dimensionamento da despoldadeira**

A quantidade de acerola utilizada para extrair a polpa, pelo balanço de massa, é 48,23 kg. Dessa forma, selecionou uma despoldadeira de frutas do fabricante Max Machine, modelo MDP 150 (Figura 15), com capacidade de produzir 150 kg/hora. Possui as especificações abaixo:

- a) Material: Aço Inox AISI 304;
- b) Estrutura reforçada anti vibração;
- c) Possui dois filtros (0,8 mm e 1,5 mm);
- d) Tubo de saída: 76 mm;
- e) Separa cascas e sementes da polpa;
- f) Dimensões (AxLxC): 80x60x90cm;
- g) Peso: 45 kg.

Figura 15 - Despoldadeira da Max Machine modelo MDP 150



Fonte: Max machine.

#### **4.4.4 Dimensionamento dos tanques**

Serão utilizados dois tanques de decantação com capacidade de 160 L para abranger todo o caldo de cana filtrado que sai do moinho, que de acordo com o balanço de massa é 352,07 kg. O fornecedor desse decantador é D&R Alambiques. O modelo do decantador é retangular com seis compartimentos e drenos nas repartições, com material de aço inox AISI 304,

escovado e espessura de 1,2 mm. As dimensões do decantador são 100 cm comprimento x 40 cm largura x 40 cm altura.

Em relação a dorna de preparo do caldo para diluição o volume útil de acordo com o balanço de massa foi 437 L, portanto a capacidade total que deve ser adotada para a dorna será de 600 L. Foi selecionado duas dornas de 600 L desenvolvida pelo fabricante D&R Alambiques, modelo de aço inoxidável AISI 304 com fundo cônico, laterais abauladas, três pés tubulares de sustentação e dimensões de 100 cm de diâmetro e 76,5 cm de altura.

#### ***4.4.5 Dimensionamento das dornas de fermentação e volante***

Selecionou-se seis dornas de fermentação encamisadas com agitadores e ligadas a dois tanques com armazenamento de água resfriada que promove o controle de temperatura. Essas dornas possuem formato cilíndrico com fundo cônico e material de aço inox AISI 304, com capacidade de 700 L cada. Essa dorna possui três pés de sustentação, cada um com 30 cm de altura, chapa de 1,2 cm, laterais abauladas e dimensões de 120 cm de diâmetro e 62,5 cm de altura.

Selecionou-se apenas uma dorna volante encamisada com aquecimento a partir da fração “cauda” que sai do alambique. Essa dorna possui o mesmo formato e material da dorna de fermentação, com capacidade total de 600 L. Essa dorna também possui três pés de sustentação, cada um com 30 cm de altura, laterais abauladas e dimensões de 100 cm de diâmetro e 76,5 cm de altura.

#### ***4.4.6 Dimensionamento do alambique e caixa coletora de aguardente***

Selecionou-se um alambique simples de cobre modelo coluna com deflegmador e capacidade máxima de 600 L desenvolvido pela Decobremetais, com dimensões de 120 cm de diâmetro e 180 cm de altura. A distância da tubulação de cobre do alambique até a serpentina dentro do tanque de resfriamento de aço inox AISI 304 tem 100 cm.

Selecionou-se uma caixa coletora da aguardente de aço inox AISI 304 com uma capacidade total de 160 litros, sendo 120 litros para a fração “coração”, 20 litros para a fração “cabeça” e 20 litros para a fração “cauda”. Essa caixa é desenvolvida pela D&R Alambiques com um apoio de sustentação de quatro pés com 12 cm de altura cada e dimensões de 50 cm de largura, 40 cm de comprimento e 12 cm de altura.

Figura 16 - Equipamentos para a etapa de destilação. (a) alambique de cobre com tanque de resfriamento. (b) caixa coletora de aguardente



Fonte: D&R Alambiques.

#### 4.4.7 Dimensionamento da caldeira

Selecionou-se uma caldeira flamotubular horizontal com capacidade de vaporização de 300 kg/h, tendo como combustível utilizado o próprio bagaço da cana-de-açúcar.

#### 4.4.8 Dimensionamento dos barris de envelhecimento

Os barris (Figura 17) selecionados para envelhecer parte da aguardente composta foram os de madeira de carvalho europeu, com uma capacidade de 180 L, produzidos pela fábrica Pernold Ricard para envelhecer uísque. Porém, são revendidos pela fábrica D&R Alambiques após passar por uma reforma específica para envelhecer aguardente.

Figura 17 - Barril de madeira de carvalho de 180 L



Fonte: D&R Alambiques.

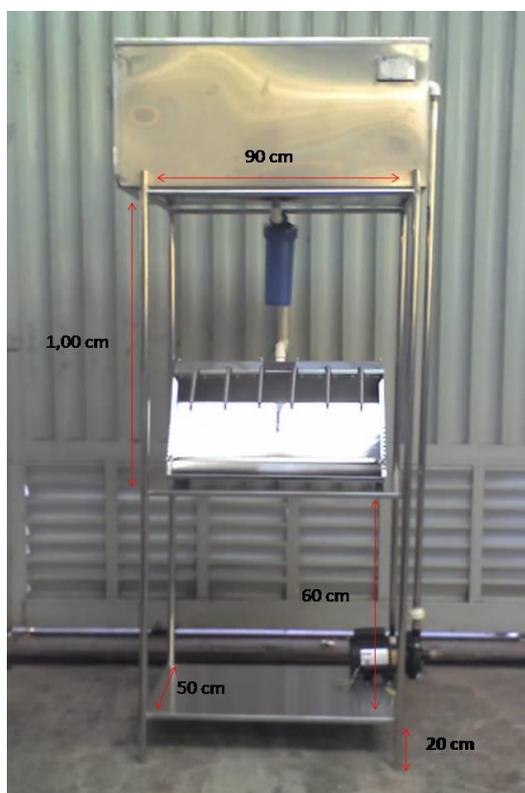
#### 4.4.9 Dimensionamento dos tanques de armazenamento de vinhaça

Foram selecionados dois tanques cilíndricos de armazenamento de vinhaça de polietileno, com volume de 6000 litros para armazenar o resíduo gerado no alambique. Este tanque é desenvolvido pela Rotto Brasil, cujas as dimensões são 175 cm de diâmetro e 300 cm de comprimento.

#### 4.4.10 Dimensionamento da envasadora

Selecionou-se uma envasadora manual (Figura 18) de aço inox AISI 304 com 6 bicos para garrafas de 300 a 1000 mL com capacidade de vazão de até 400 L/hora, juntamente com o filtro para reter possíveis impurezas e o reservatório com capacidade de 150 L, com tampa e medidor de nível. Utilização de um soprador térmico para a aplicação dos lacres termoencolhível e de um rotuladora manual para a aplicação dos rótulos. Todos esses materiais são fornecidos pela D&R Alambiques.

Figura 18 - Envasadora manual de 6 bicos com dimensões



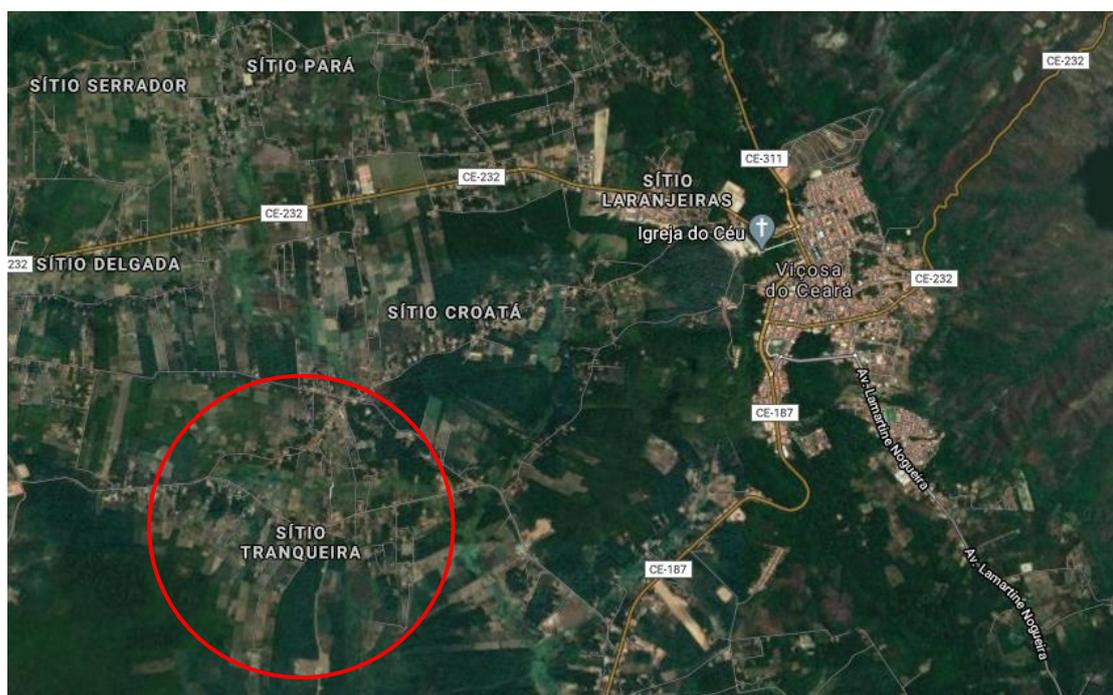
Fonte: D&R Alambiques.

## 4.5 Proposta de localização

A escolha da localização para a implantação da fábrica artesanal de produção de aguardente composta está condicionada a uma análise de certas exigências para compor a viabilidade do projeto, tais como fornecimento de energia, abastecimento de água, disponibilidade de mão-de-obra, acesso a área e o mercado consumidor. Portanto, o município de Viçosa do Ceará destacou-se no levantamento da quantidade e disponibilidade de matéria-prima para a produção da aguardente composta, tendo como a principal atividade econômica, no ramo da agricultura, o cultivo de cana-de-açúcar. Este município está localizado cerca de 30 km de distância da cidade de Tianguá, que é popularmente mais conhecida no estado cearense.

O terreno selecionado para a construção da fábrica de aguardente composta possui 678,7 m<sup>2</sup> e está localizado na zona rural próximo ao Sítio Tanqueira a 5 km de distância do centro de Viçosa do Ceará, podendo ser observado na Figura 19.

Figura 19 - Localização da fábrica a partir de uma imagem de satélite



Fonte: Adaptado do Google earth.

### 4.5.1 Disponibilidade de matéria-prima

Em 2005, a cidade de Viçosa do Ceará apresentava uma produção de cana-de-açúcar em torno de 81.000 toneladas (IBGE, 2006). Com relação a produção de acerola pela

cidade, ela é limitada, não atendendo totalmente a demanda industrial, pois existem apenas agricultores locais que produzem. No entanto, o município vizinho, Ubajara, possui uma produção mais exacerbada, devido ser a segunda maior plantação de acerola do Estado.

#### **4.5.2 Disponibilidade de mão-de-obra**

O município de Viçosa do Ceará possui a maior quantidade de estabelecimentos produtores de aguardente registrados do Estado, o que facilita encontrar mão-de-obra qualificada que atenda aos requisitos solicitados pela Fábrica em questão.

#### **4.5.3 Disponibilidade de energia e água**

O município dispõe de abastecimento de água (CAGECE) e fornecimento de energia elétrica (COELCE/ENEL). Em relação as águas superficiais, o município está inserido nas bacias hidrográficas dos rios Parnaíba e Coreaú. Já em relação as águas subterrâneas existem três domínios hidrogeológicos distintos: rochas sedimentares, rochas cristalinas e depósitos aluvionares.

Um estudo realizado em um sítio a 5 km de distância do município de Viçosa do Ceará, identificou o nível estático de 24,30 m do poço perfurado na propriedade, além de avaliar a turbidez e o odor da água. Foi constatado que a água presente no poço possui características límpida, inodora e potável (CORTEZ *et al*, 2007). A possível proposta de localização do terreno deste trabalho fica bem próximo a esse sítio citado anteriormente, na qual dispõe de abastecimento de água e fornecimento de energia normal.

#### **4.5.4 Mercado consumidor**

O mercado consumidor da aguardente vem aumentando cada vez mais ao longo dos anos, popularizando todas as variedades da bebida. A aguardente produzida de forma artesanal (alambique) vem ganhando cada vez mais espaço no cenário nacional e internacional. Dessa forma, a fábrica em questão produzirá dois tipos de aguardente composta para atender as demandas de mercado: a aguardente composta envasada após a destilação e a aguardente composta armazenada e envelhecida em barris de madeira de carvalho. O intuito dessa fábrica é focar na venda de mercado interestadual de distribuição em atacado.

#### 4.6 *Layout*

As salas foram dimensionadas para comportar todos os equipamentos com os espaçamentos mínimos para facilitar o trânsito livre dos funcionários e assim atender as boas práticas de fabricação. Foi considerado para a caldeira um distanciamento mínimo de 3,0 m de todos os outros setores do galpão industrial. O espaçamento entre as dornas e os equipamentos em geral foram de no mínimo 1,20 m para facilitar o trânsito livre de pessoas. O *layout* da fábrica está apresentado no Apêndice A.

#### 4.7 *Viabilidade econômica*

A análise de viabilidade econômica foi realizada com base em dados colhidos do mercado, cotação de equipamentos fornecidos por fabricantes, despesas tributárias de acordo com a legislação e preços de vendas baseados na média de mercado de aguardentes artesanais. Neste trabalho, considerou-se que a matéria-prima é comprada diretamente do produtor agrícola local em Viçosa do Ceará – CE.

##### 4.7.1 *Produção estimada*

A produção estimada de aguardente composta dos dois tipos produzidos por dia, por mês e por ano no período da safra está detalhada na Tabela 10. O período de safra dura 180 dias ou 6 meses na cidade de Viçosa do Ceará – CE.

Tabela 10 - Produção de aguardente composta na fábrica

	<b>Diária</b>	<b>Mensal</b>	<b>Anual</b>
<b>Produção de aguardente composta</b>	300 L	9.000 L	54.000 L

Fonte: A autora.

Foi definido que apenas 5 % da produção total iria passar pelo processo de envelhecimento no barril de carvalho, pois uma porcentagem maior poderia interferir/prejudicar o fluxo de caixa da fábrica, devido ao tempo de envelhecimento que dura um ano. A partir disso pode-se definir a quantidade de barris que deverão ser utilizados. É importante ressaltar que a aguardente composta envelhecida só terá retorno depois de um ano de processo. A Tabela 11

apresenta a produção mensal de aguardente dos dois tipos e a quantidade de recipientes de 700 mL utilizados por mês.

Tabela 11 - Produção por tipo de aguardente composta referente a um mês

	<b>Aguardente composta</b>	<b>Aguardente composta envelhecida</b>
<b>Porcentagem</b>	95 %	5 %
<b>Produção de aguardente composta</b>	8.550 L	450 L
<b>Produção (700 mL)</b>	12.214	642

Fonte: A autora.

A Tabela 12 apresenta a produção anual de aguardente composta dos dois tipos e a quantidade de recipientes de 700 mL utilizados na safra anual.

Tabela 12 - Produção por tipo de aguardente composta para a safra anual

	<b>Aguardente composta</b>	<b>Aguardente composta envelhecida</b>
<b>Porcentagem</b>	95 %	5 %
<b>Produção de aguardente composta</b>	51.300 L	2.700 L
<b>Produção (700 mL)</b>	73.285	3.857

Fonte: A autora.

#### **4.7.2 Investimento Inicial**

O investimento inicial é referente ao valor gasto no ano 0 para a implantação da fábrica. As Tabelas 13, 14 e 15 a seguir demonstram o valor inicial que deve ser desembolsado para a compra de todos os equipamentos necessários para a produção, o valor gasto para o levantamento da estrutura do galpão da fábrica e o valor gasto para a compra dos móveis da administração, respectivamente.

Tabela 13 - Cotação de equipamentos e a quantidade utilizada

Item	Descrição	Fornecedor	Quant.	Valor (R\$)
1	Balança Plataforma	Toledo	1	20.320,00
2	Balança digital	Toledo	1	2.930,00
3	Moenda	Rani Pierotti	1	43.500,00
4	Despolpadeira	Max Machine	1	11.621,40
5	Tanque de decantação	D&R Alambiques	2	1.650,00
6	Dorna de preparo de caldo	D&R Alambiques	2	2.300,00
7	Dorna de fermentação	D&R Alambiques	6	2.600,00
8	Dorna volante	D&R Alambiques	1	2.300,00
9	Alambique com tanque de resfriamento e serpentina	Decobremetals	1	19.500,00
10	Caixa de recepção da aguardente	D&R Alambiques	1	2.300,00
11	Caldeira flamotubular	BRS	1	38.900,00
12	Tanque de padronização	Santa Efigênia	1	2.200,00
13	Barril de madeira de carvalho	Pernold Ricard	30	525,00
14	Envasadora de 6 bicos	D&R Alambiques	1	2.900,00
15	Filtro para impurezas	D&R Alambiques	3	160,00
16	Refil em celulose para filtro	D&R Alambiques	2	35,00
17	Reservatório para enchedeira em aço inox	D&R Alambiques	1	1.100,00
18	Enxaguadora para garrafas com 2 bicos	D&R Alambiques	1	1.200,00
19	Soprador térmico	D&R Alambiques	1	220,00
20	Tamponadeira	D&R Alambiques	1	1.600,00
21	Rotuladora Manual	D&R Alambiques	1	2.800,00
22	Filtro para remoção de cobre	Santa Efigênia	1	630,00
23	Tanque de água	Macplast	3	2.250,00
24	Filtro de água com carvão ativado	Fusati	1	1.600,00
25	Equipamentos de medição	Santa Efigênia	-	3.000,00
26	Tubulação de aço inox com válvulas	D&R Alambiques	-	26.000,00
27	Bombas de transferência	Pronex	22	1.600,00
28	Tanque de armazenamento de vinhaça	Rotto	2	6.375,00

**Total a ser aplicado em equipamentos****279.121,40**

Fonte: A autora.

O terreno equivale a uma propriedade rural com 678,7 m<sup>2</sup> localizado na zona rural de Viçosa do Ceará. Foi considerado a perfuração de um poço de água profundo na propriedade, com uma profundidade de 50 m para o abastecimento de água da fábrica. O galpão industrial foi dimensionado para abrigar todos os equipamentos, seções de descarga da matéria-prima e salas administrativas e laboratoriais. Considerou-se que a construção do galpão indústria de 406,27 m<sup>2</sup>, sendo o preço cobrado pela construção 783,33 R\$/m<sup>2</sup> (SINDUSCON-CE, 2021).

Tabela 14 - Cotação do terreno escolhido, construção do galpão e perfuração do poço artesiano

<b>Descrição</b>	<b>Área</b>	<b>Unidade</b>	<b>Valor unitário (R\$/m<sup>2</sup>)*</b>	<b>Valor total (R\$)</b>
Terreno	678,67	m <sup>2</sup>	32,00	21.717,44
Construção do galpão	406,27	m <sup>2</sup>	783,33	318.243,48
Poço tubular profundo	50	m	400,00	20.000,00
<b>Total a ser aplicado no terreno/construção</b>				<b>359.960,92</b>

Fonte: A autora.

\*Para o poço o valor unitário é referente ao metro de profundidade.

Para a mobília do escritório foi selecionado mesas, cadeiras, notebooks, impressora e itens adicionais para a composição do escritório, todos os valores desses materiais estão descritos na Tabela 15.

Tabela 15 - Cotação dos móveis da administração

<b>Descrição</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Preço unitário (R\$)</b>	<b>Valor (R\$)</b>
Mesa de escritório	3	450,00	1.350,00
Cadeiras escritório	3	350,00	1.050,00
Cadeira visitante	6	100,00	600,00
Notebooks	3	2.500,00	7.500,00
Impressora	1	900,00	900,00
Itens de escritório	1	300,00	300,00
<b>Total a ser aplicado para a compra de móveis do escritório</b>			<b>11.700,00</b>

Fonte: A autora.

Dessa forma, o investimento inicial em capital fixo para a implantação da fábrica de aguardente composta com capacidade de produção de 54.000 L por ano de safra foi de R\$ 650.782,32.

#### 4.7.3 *Custo de operação*

O custo com a levedura selecionada CA-11 foi considerado como sendo 200,00 reais/kg. Considerou-se a compra de apenas 3 kg de levedura selecionada por ano, tendo em vista que a fábrica irá reutilizá-la durante toda a safra. O levantamento feito em relação ao custo da cana-de-açúcar e a da acerola foi realizado com produtores regionais, na qual a tonelada de cana-de-açúcar custa R\$ 116,00 e a caixa com 20 kg de acerola custa R\$ 35,00, tendo como preço unitário R\$ 1,75. De acordo com o balanço de massa, a quantidade de nutrientes necessário para uma batelada é 3 kg, com isso durante o mês considerou-se necessário 540 kg. Todos esses valores referentes as matérias-primas estão detalhados na Tabela 16.

Tabela 16 - Custos de matéria-prima mensal e anual

<b>Descrição</b>	<b>Quantidade/mês</b>	<b>Unidade</b>	<b>Preço unitário (R\$)</b>	<b>Preço total (R\$/mês)</b>	<b>Preço total (R\$/ano)</b>
Cana-de-açúcar	100,77	ton	116,00	11.689,32	70.135,92
Acerola	8.681,40	kg	1,75	15.192,45	91.154,70
Nutrientes*	540	kg	1,05	567	3.402,00
Levedura	3	kg	200,00	600,00	600,00
<b>TOTAL</b>				<b>28.048,77</b>	<b>165.292,62</b>

Fonte: A autora.

\*Farelo de trigo e fubá de milho.

Os custos mensais e anuais referentes as embalagens primárias e secundárias estão detalhados na Tabela 17.

Tabela 17 - Custos de materiais de embalagem mensal e anual

Descrição	Quant.	Unidade	Preço unitário	Preço (R\$/mês)	Preço total (R\$/ano)
Garrafa (700 mL)	12.856	und.	2,50	32.140,00	192.840,00
Tampa plástica conta-gotas prata	12.214	und.	0,28	3.419,92	20.519,52
Tampa plástica conta-gotas dourado	642	und.	0,28	179,76	1.078,56
Lacre termoencolhível	12.856	und.	0,12	1.542,72	9.256,32
Rótulo	12.856	und.	0,30	3.856,80	23.140,80
Caixa de papelão (6 garrafas)	2.143	und.	1,50	3.214,50	19.287,00
<b>TOTAL</b>				<b>44.353,70</b>	<b>266.122,20</b>

Fonte: A autora.

Para os custos com energia elétrica, considerou-se a tarifa de energia elétrica utilizada como sendo de 0,54645, conforme a Resolução Homologatória nº 2.676, de 14 de abril de 2020, da ANEEL, referente à Companhia Energética do Ceará – ENEL CE. Assim temos que uma potência total instalada na fábrica corresponde a pelo menos 75.398,4 KWh/ano.

A manutenção dos equipamentos se refere a limpeza, a troca de óleo de alguns equipamentos e a manutenção de modo geral, para isso foi considerado 1,71 % em cima da cotação total dos equipamentos (RICHARDSON; ROSENTRATER, 2013). A partir de uma pesquisa de mercado foi definido o custo para a coleta terceirizada dos efluentes para ETE, cuja a produção está em torno de 70 m<sup>3</sup>. A coleta é realizada duas vezes por semana e o valor cobrado é de R\$ 400,00 a cada 10 m<sup>3</sup>. Os outros custos são referentes aos produtos de limpeza utilizados, juntamente com uma margem de segurança aplicada para possíveis custos que poderão surgir no decorrer do funcionamento da fábrica. Para melhorar a qualidade da fábrica e não sobrecarregar os funcionários foi incluído a contratação de um serviço terceirizado de limpeza para os três turnos de funcionamento da fábrica. Todos esses dados estão representados na Tabela 18.

Tabela 18 - Custos com utilidades

<b>Descrição</b>	<b>Preço total (R\$/mês)</b>	<b>Preço total (R\$/ano)</b>
Energia elétrica	6.866,91	41.201,46
Internet e telefone	200,00	1.200,00
Manutenção dos equipamentos	4.772,97	28.637,82
Efluentes	1.800,00	21.600,00
Terceirização do serviço de limpeza	4.000,00	24.000,00
Outros custos	5.000,00	30.000,00
<b>TOTAL</b>	<b>18.639,88</b>	<b>146.639,28</b>

Fonte: A autora.

De acordo com a Medida Provisória nº 1.021, de 30 de dezembro de 2020, o salário mínimo consiste em R\$ 1.100,00, que entrou em vigor a partir do dia 1º de janeiro de 2021. Dessa forma, foi estipulado um salário mínimo para os operadores diretos da fábrica com um contrato de prazo determinado de 6 meses, com todos os encargos sociais e trabalhistas acrescidos. Para o auxiliar administrativo e o técnico de laboratório o salário é definido em R\$ 1.500,00, com contrato de prazo indeterminado e determinado de 6 meses, respectivamente. Já para o engenheiro de alimentos o piso salarial gira em torno de R\$ 3.683,65, com contrato de prazo indeterminado.

Para definir as porcentagens dos encargos sociais (Tabela 19), foi considerado alguns fatores, como INSS, FGTS, RAT, Salário educação, SESC, SENAI, INCRA e SEBRAE. Para delimitar a porcentagem certa do INSS irá depender do salário de cada empregado, dessa forma para os operadores será considerado apenas 8,0 %, para os técnicos de laboratório e auxiliar administrativo.

Tabela 19 - Encargos sociais aplicado ao salário dos funcionários

<b>Encargos sociais</b>	<b>Porcentagens p/</b>	<b>Porcentagens p/</b>	<b>Porcentagens p/</b>
	<b>R\$ 1.100,00</b>	<b>R\$ 1.500,00</b>	<b>R\$ 3.683,65</b>
INSS (depende do funcionário)	8,0 %	9,0 %	14 %
FGTS	8,0 %	8,0 %	8,0 %
Risco de acidente de trabalho (RAT)	3,0 %	3,0 %	3,0 %
Salário educação	2,5 %	2,5 %	2,5 %

SESC	1,5 %	1,5 %	1,5 %
SENAI	1,0 %	1,0 %	1,0 %
INCRA	0,2 %	0,2 %	0,2 %
SEBRAE	0,6 %	0,6 %	0,6 %
<b>TOTAL</b>	<b>24,8 %</b>	<b>25,8 %</b>	<b>30,8 %</b>

Fonte: A autora.

A jornada de trabalho foi estipulada como sendo 44 horas/semanais, considerando 3 turnos de funcionamento, sendo 3 operadores para cada turno, 3 operadores folguistas, 1 técnico de laboratório, 1 engenheiro de alimentos, 1 auxiliar administrativo e 1 responsável pelo recebimento. Dessa forma, os operadores trabalham 7,33 horas durante 6 dias, tendo como folga um dia na semana em acordo com a escala de trabalho. Para isso, na realização dos cálculos das Tabelas 20 e 21, foi considerado que os operadores, o responsável pelo recebimento e o técnico de laboratório trabalhariam 180 dias (6 meses de safra), com direito a 24 dias de folga, 6 feriados remunerados e 15 dias de férias referente aos dias trabalhados.

Tabela 20 - Custo total por 6 meses com os operadores e o responsável pelo recebimento

<b>Custos e encargos trabalhistas</b>	<b>Custo (R\$)</b>
Salário/mês	1.100,00
Salário p/ 6 meses	5.711,31
Repouso Semanal	1.015,34
Férias	634,59
13° salário	1.269,18
Adicional constitucional de férias (15 dias)	211,53
Feriados	253,84
<b>TOTAL</b>	<b>9.095,79</b>
Encargos sociais	24,80 %
<b>CUSTO TOTAL/operador</b>	<b>11.351,55</b>
<b>CUSTO TOTAL p/ 12 operadores e 1 responsável pelo recebimento</b>	<b>147.570,10</b>

Fonte: A autora.

Tabela 21 - Custo total por 6 meses com o técnico de laboratório

<b>Custos e encargos trabalhistas</b>	<b>Custo (R\$)</b>
Salário/mês	1.500,00
Salário p/ 6 meses	7.788,46
Repouso Semanal	1.384,62
Férias	865,38
13° salário	1.730,77
Adicional constitucional de férias (15 dias)	288,46
Feriados	346,15
<b>TOTAL</b>	<b>12.403,85</b>
Encargos sociais	25,80 %
<b>CUSTO TOTAL p/ 1 técnico de laboratório</b>	<b>15.604,04</b>

Fonte: A autora.

Já para a realização dos cálculos da Tabela 22 e 23, foi considerado que o auxiliar administrativo e o engenheiro de alimentos trabalhariam 365 dias (12 meses), com direito a 48 dias de folga, 12 feriados remunerados e 30 dias de férias.

Tabela 22 - Custo total por 12 meses com o auxiliar administrativo

<b>Custos e encargos trabalhistas</b>	<b>Custo (R\$)</b>
Salário/mês	1.500,00
Salário p/ 12 meses	15.865,38
Repouso Semanal	2.679,23
Férias	1.730,77
13° salário	1.730,77
Adicional constitucional de férias	576,92
Feriados	692,31
<b>TOTAL</b>	<b>23.365,38</b>
Encargos sociais	25,80 %
<b>CUSTO TOTAL p/ 1 auxiliar administrativo</b>	<b>29.393,65</b>

Fonte: A autora.

Tabela 23 - Custo total por 12 meses com o Engenheiro de alimentos

<b>Custos e encargos trabalhistas</b>	<b>Custo (R\$)</b>
Salário/mês	3.683,65
Salário p/ 12 meses	38.961,68
Repouso Semanal	6.800,58
Férias	4.250,37
13° salário	4.250,37
Adicional constitucional de férias	1.416,79
Feriados	1.700,15
<b>TOTAL</b>	<b>57.379,93</b>
Encargos sociais	30,8 %
<b>CUSTO TOTAL p/ 1 engenheiro de alimentos</b>	<b>75.052,95</b>

Fonte: A autora.

A Tabela 24 abaixo, demonstra de uma forma mais resumida o custo total com a mão de obra direta e indireta.

Tabela 24 - Resumo dos custos anual com os funcionários da fábrica

<b>Funcionários</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Custo (R\$)</b>
Operadores e responsável por recebimento	13	147.570,10
Técnico de laboratório	1	15.604,04
Auxiliar administrativo	1	29.393,65
Engenheiro de alimentos	1	75.052,95
<b>TOTAL</b>	<b>16</b>	<b>267.620,74</b>

Fonte: A autora.

Dessa forma, o custo de operação foi estimado em torno de R\$ 845.674,84 por ano.

#### **4.7.4 Receita**

A receita anual do projeto será obtida por meio da soma das vendas dos dois produtos produzidos na fábrica: a aguardente composta e a aguardente composta envelhecida.

Para isso é importante ressaltar que em um dia serão realizadas 6 bateladas utilizando 6 fermentadores no processo para produzir 300 L/dia de aguardente composta e 54.000 L/ano.

Portanto, para o preço da garrafa de 700 mL de aguardente composta estimou-se uma média de mercado e obteve-se um preço de R\$ 25,00 e para a aguardente composta envelhecida obteve-se um preço de R\$ 33,00 a garrafa de 700 mL, conforme demonstrado na Tabela 25.

Tabela 25 - Valores médios de venda da aguardente composta e envelhecida e o faturamento/ano

<b>TIPO</b>	<b>Preço médio (R\$)</b>	<b>Quantidade de garrafas de 700 mL</b>	<b>Receita Bruta</b>
Aguardente composta	25,00	73.285	R\$ 1.832.125,00
Aguardente composta envelhecida	33,00	3.857	R\$ 127.281,00
<b>TOTAL</b>			<b>R\$ 1.959.406,00</b>

Fonte: A autora.

As aguardentes produzidas a partir de alambiques são naturalmente mais caras por serem consideradas artesanais e as aguardentes envelhecidas, por um período não inferior a um ano, possuem um valor um pouco mais alto em relação a aguardente de alambique normal, devido ao tempo de armazenamento que configura características sensorialmente mais agradáveis.

#### **4.7.5 Regime Tributário**

De acordo com o COSIT (Coordenação-Geral de Tributação) a Solução de Consulta nº 221, de 26 de junho de 2019, pequenas destilarias que produzam aguardente de cana se enquadram no Simples Nacional. Anteriormente, pequenos produtores de bebidas alcoólicas não poderiam optar pelo regime tributário do Simples Nacional.

De acordo com a Lei complementar nº 123, de 14 de dezembro de 2006, demonstra a alíquota e partilha do Simples Nacional aplicada a Indústria e o percentual de repartição dos tributos (Tabela 26). Dessa forma, a alíquota aplicada a receita bruta obtida na Tabela 25 no Subtópico 4.8.4 é de 14,70 % com um valor a deduzir de R\$ 85.500,00. Portanto, ao emitir o

DARF (Documento de arrecadação de receitas federais) irá recolher todo o percentual de tributos expostos pelo Simples Nacional.

Tabela 26 - Percentual de Repartição dos tributos

<b>Tributos</b>	<b>Percentual</b>	<b>Valor</b>
IRPJ	5,50%	R\$ 11.139,30
CSLL	3,50%	R\$ 7.088,64
Cofins	11,51%	R\$ 23.311,51
PIS/PASEP	2,49%	R\$ 5.043,06
CPP	37,50%	R\$ 75.949,76
IPi	7,50%	R\$ 15.189,95
ICMS	32,00%	R\$ 64.810,46
<b>TOTAL</b>		<b>R\$ 202.532,68</b>

Fonte: Adaptado da Lei complementar nº 123, de 14 de dezembro de 2006.

Portanto, R\$ 202.532,68 equivale ao percentual 10,34 % referente aos tributos recolhidos pelo Sistema Simples Nacional.

#### **4.7.6 Financiamento**

Para a implantação do projeto é necessário um investimento inicial de R\$ 650.782,32, que equivale a compra dos equipamentos, do terreno, construção do galpão, perfuração do poço profundo e móveis da administração, definido anteriormente. Partindo do princípio que o dono da fábrica não possui caixa inicial para o investimento é necessário optar por um financiamento com o banco. O sistema de financiamento escolhido foi o *Price*, por oferecer prestações iguais aplicada a uma taxa de juros efetiva de 10% a.a. durante 5 anos. As prestações definidas para cada ano, juntamente com amortização e os juros estão descritos na Tabela 27.

Tabela 27 - Sistema de prestações constantes (*Price*)

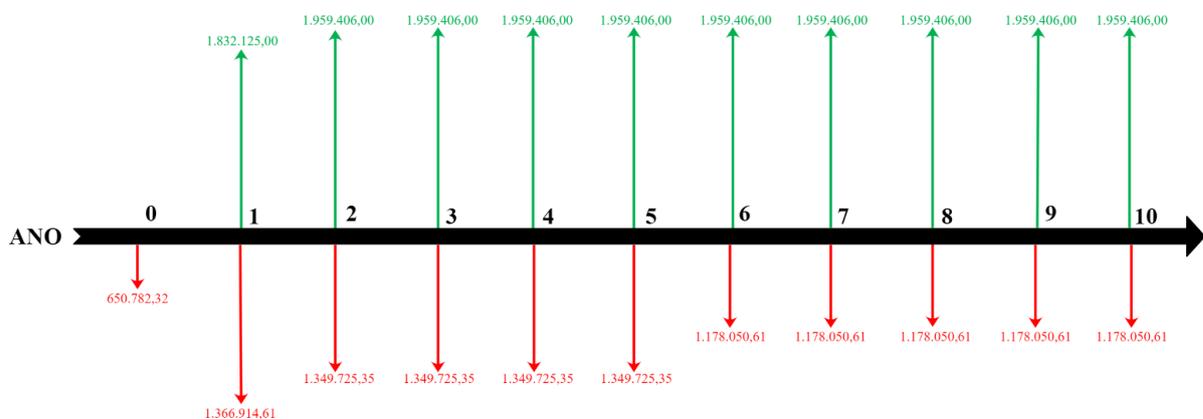
ANO	PRESTAÇÃO	AMORTIZAÇÃO	JUROS	SALDO DEVEDOR
0	-	-	-	R\$ 650.782,32
1	R\$ 171.674,74	R\$ 106.596,50	R\$ 65.078,23	R\$ 544.185,82
2	R\$ 171.674,74	R\$ 117.256,16	R\$ 54.418,58	R\$ 426.929,66
3	R\$ 171.674,74	R\$ 128.981,77	R\$ 42.692,97	R\$ 297.947,89
4	R\$ 171.674,74	R\$ 141.879,95	R\$ 29.794,79	R\$ 156.067,94
5	R\$ 171.674,74	R\$ 156.067,94	R\$ 15.606,79	R\$ 0,00

Fonte: A autora.

#### 4.7.7 Montagem do fluxo de caixa

Os cálculos realizados para o fluxo de caixa estão apresentados no APÊNDICE B. A Figura 20 representa o esquema do fluxo de caixa de uma forma mais explicativa, demonstrando as entradas (na cor verde sinalizada para cima) do processo com a venda das aguardentes compostas e as saídas (na cor vermelho sinalizada para baixo) do processo, iniciando desde o ano zero que foi o investimento aplicado para a implantação da fábrica até os anos subsequentes que envolvem saídas das prestações e os custos de operações. O fluxo de caixa foi realizado para 10 anos, devido ao tempo de depreciação total dos equipamentos adotado.

Figura 20 - Esquema da elaboração do fluxo de caixa



Fonte: A autora.

No primeiro ano, após o ano 0 referente a implantação da fábrica, foi determinado um capital de giro de R\$ 35.899,57. Esse valor é o suficiente para pagar 1 mês todos os funcionários da fábrica, caso aconteça algum imprevisto financeiro.

#### 4.7.8 *Lucro líquido*

O lucro líquido é mensurado por meio da dedução dos custos e das despesas da receita de vendas, ou seja, de deduções em cima do apurado em determinado período. Analisando o fluxo de caixa exposto na Figura 20, não há receitas no ano 0, assim como previsto, pois os produtos devem ser vendidos a partir do ano 1. O lucro líquido é positivo a partir do ano 1, como demonstrado no Apêndice B na linha referente ao fluxo de caixa com financiamento descontado. No ano 1, o lucro líquido deve ser de R\$ 474.776,89 para um cenário ideal, com toda a produção de aguardente composta vendida. A partir do ano 2 ocorre a venda também da aguardente composta envelhecida, obtendo um lucro maior em comparação ao ano anterior de R\$ 617.680,18. Com o decorrer dos anos algumas despesas vão diminuindo, como o financiamento que finaliza após 5 anos, e o lucro líquido vai aumentando gradualmente.

#### 4.7.9 *Indicadores econômicos*

Para a realização dos cálculos do VPL e do TIR foi admitido que o custo de oportunidade de capital ou taxa mínima de atratividade (TMA) é de 10% a.a. com base na taxa Selic, porém foi considerado um valor mais alto do que o atual como uma medida de segurança para anos futuros. Analisando a TIR (Taxa Interna de Retorno) encontrada de 80% é possível admitir que é um valor extremamente bom, pois indica que o projeto é economicamente viável e se torna aceitável para taxas de atratividade de até 80%. O VPL (Valor Presente Líquido) encontrado foi positivo e indica que o retorno do projeto será maior do que o investimento inicial.

Tabela 28 - Indicadores econômicos com base no fluxo de caixa

<b>Indicador econômico</b>	<b>Valor</b>
VPL	R\$ 1.553.489,57
TIR	80%
<i>Payback</i>	1,43

Fonte: A autora.

Considerando que a fábrica conseguirá vender toda a sua produção anual conforme a configuração exposta, o valor encontrado para o *payback* foi de 1,43 que equivale a aproximadamente 1 ano e 6 meses para que tenha a recuperação do valor aplicado no investimento inicial. Caso essa hipótese relacionada a venda de 100% da produção não seja atendida o prazo determinado para o retorno financeiro pode ser prolongado.

Pode-se concluir que a partir desses resultados observados a implantação desse projeto de produção de aguardente composta com caldo de cana e polpa de acerola é um bom investimento considerado economicamente viável.

## 5 CONCLUSÃO

Portanto, com o desenvolvimento do trabalho, é possível concluir que o objetivo principal foi alcançado. Com o desenvolvimento do projeto de uma planta industrial voltada à produção de aguardente composta de caldo de cana e polpa de acerola na cidade de Viçosa do Ceará, foi possível indicar as operações unitárias utilizadas, os dimensionamentos tanto da fábrica quanto dos equipamentos, os fluxogramas, o *layout* industrial e o estudo de viabilidade técnico e econômica.

Importante ressaltar que a incorporação de matérias-primas regionais na produção da aguardente composta, como nesse projeto que utilizou 10 % da polpa de acerola em sua composição, contribuiu para que a bebida tenha uma qualidade diferenciada e um sabor característico, visando obter um produto inovador no mercado de bebidas alcólicas.

A produção anual foi realizada com base na safra da cana-de-açúcar, que dura 6 meses, que consistiu em 51.300 L/safra de aguardente composta e 2.700 L/safra de aguardente composta envelhecida.

A análise econômica mostrou um retorno de 1 ano e 6 meses para um cenário ideal, onde toda a produção será vendida. Em um cenário fora do ideal o prazo determinado para o retorno financeiro pode ser prolongado. A partir do fluxo de caixa foi possível concluir que o retorno financeiro é lucrativo o que abre uma margem para um cenário com preço de venda menores, melhorando a competitividade da Fábrica.

Por fim, o resultado final do trabalho correspondeu às expectativas, demonstrando ser tecnicamente e economicamente viável a implantação do projeto em Viçosa do Ceará, localizada no interior cearense.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J. I. L.; LOPES, J. G. V.; OLIVEIRA, F. M. M. **Produtor de acerola**. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, Instituto Centro de Ensino Tecnológico, 40 p. 2002.
- ALVES, D. M. G. **Fatores que afetam a produção de ácidos orgânicos bem como outros parâmetros da fermentação alcoólica**. 1994. 128 p. Dissertação (Mestrado em Microbiologia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1994.
- ALVES, R. E.; MENEZES, J. B. Botânica da aceroleira. *In*: SÃO JOSÉ, A. R.; ALVES, E. (org.). **Acerola no Brasil: produção e mercado**. Vitória da Conquista: UESB, 1995. p. 160.
- ANDRADE, N. J.; MACEDO, J. A. B. **Higienização na indústria de alimentos**. São Paulo: Livraria Varela, 1996. 182 p.
- ARAÚJO, P. S. R.; MINAMI, K. **Acerola**. Campinas: Fundação Cargill, 1994. 81p.
- ASQUIERI, E. R.; SILVA, A. G. M.; CÂNDIDO, M. A. Aguardente de jabuticaba obtida da casca e borra da fabricação de fermentado de jabuticaba. **Food Science and Technology**, [S.l.], v. 29, n. 4, p. 896-904, 2009.
- AUDE, M. I. S. Estádios de desenvolvimento da cana-de-açúcar e suas relações com a produtividade. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 23, n. 2, p. 241-248, 1993.
- BARBOSA, J. R. C.; FIRMO, H. T. A Cachaça e a Água que Passarinho não bebe. *In*: Encontros Nacionais de Engenharia e Desenvolvimento Social, 15., 2018, Alagoinhas, BA. **Anais [...]**. Alagoinhas: ENEDS, v. 15, n. 1, 2018.
- BAZZO, E. **Geração de vapor**. 2. Ed. Universidade Federal Santa Catarina - UFSC, 1995, 216p.
- BEGNINI, M. *et al.* Fermentação de caldo de cana em microdestilaria. *In*: Congresso Brasileiro de Engenharia Química, 21., 2016. Fortaleza. **Anais [...]**. Campinas: Galoá, 2016.
- BIZELLI, L. C.; RIBEIRO, C. A. F.; NOVAES, F. V. Dupla destilação da aguardente de cana: teores de acidez total e de cobre. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 57, n. 4, p. 623-627, 2000.
- BRAGA, M. V. F.; KIYOTANI, I. B. A Cachaça como patrimônio: turismo, cultura e sabor. **Revista de Turismo contemporâneo**, Natal, v. 3, n. 2, p. 254-275. 2015.
- BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Homologatória nº 2.676, de 14 de abril de 2020**. Homologa o resultado do reajuste tarifário anual, as Tarifas de Energia - TE e as Tarifas de Uso dos Sistemas de Distribuição - TUSD, referentes à Companhia Energética do Ceará - Enel CE. Brasília, 20 jun. 2020. Seção 1, p. 9.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011.** Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Brasília: Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2011.

BRASIL. Coordenação-Geral de Tributação (COSIT). **Solução de consulta nº 221, de 26 de junho de 2019.** Simples Nacional. Brasília, 09 jul. 2019. Seção 1, p. 6.

BRASIL. **Lei complementar nº 123, de 14 de dezembro de 2006.** Institui o Estatuto Nacional da microempresa e da empresa de pequeno porte; altera os dispositivos das Leis nº 8.212 e 8.213, ambas de 24 de julho de 1991, da Consolidação das Leis do Trabalho - CLT, aprovada pelo Decreto-Lei no 5.452, de 1º de maio de 1943, da Lei no 10.189, de 14 de fevereiro de 2001, da Lei Complementar no 63, de 11 de janeiro de 1990; e revoga as Leis no 9.317, de 5 de dezembro de 1996, e 9.841, de 5 de outubro de 1999. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/lcp/lcp123.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/lcp/lcp123.htm). Acesso em: 05 mar. 2021.

BRASIL. **Medida Provisória nº 1.021, de 30 de dezembro de 2020.** Dispõe sobre o valor do salário mínimo a vigorar a partir de 1º de janeiro de 2021. Brasília, 31 dez. 2020. Seção 1, p. 1. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/noticia/?id=25058>. Acesso em: 06 mar. 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **A cachaça no Brasil:** dados de registro de cachaças e aguardentes / Secretaria de Defesa Agropecuária. 2. ed. Brasília: MAPA/AECS, 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **A cachaça no Brasil:** dados de registro de cachaças e aguardentes. Brasília: MAPA/AECE, 2019. 27 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 13, de 29 de junho de 2005.** Fixação dos padrões de identidade e qualidade para aguardente de cana e para cachaça. Brasília, 30 jun. 2005. Seção 1, p. 5.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 15, de 31 de março de 2011.** Complementação dos padrões de identidade e qualidade para as bebidas alcoólicas destiladas, comercializadas em todo o território nacional. Brasília, 01 abr. 2011. Seção 1, p. 7.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 35, de 16 de novembro de 2010.** Padrões de identidade e qualidade para as bebidas alcoólicas por mistura. Estabelecer, na forma desta Instrução Normativa, a complementação dos padrões de identidade e qualidade para as bebidas alcoólicas por mistura, comercializadas em todo o território nacional. Brasília, 29 nov. 2010. Seção 1. p. 9.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 55, de 31 de outubro de 2008.** Padrões de identidade e qualidade para as bebidas alcoólicas por mistura: licor, bebida alcóolica mista, batida, caipirinha, bebida alcóolica composta, aperitivo e aguardente composta. Brasília, 31 out. 2008. Seção 1. p. 8.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. Decreto nº 6871, de 04 de junho de 2009. Regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a

classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. **Diário Oficial da União**. Brasília, 5 de jun. 2009, Seção 1, p. 20.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria n° 2914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União**, Brasília, 14 dez. 2011. Seção 1, p. 39-46.

CAETANO, P. K. **Processamento tecnológico e avaliação energética de geléia de acerola**. 2010. 96 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, Botucatu - SP, 2010.

CAMARGO, J. A. *et al.* Viabilidade da aplicação do método respirométrico de Bartha para a análise da atividade microbiana de solos sob a aplicação de vinhaça. **Engenharia Ambiental**, Brasília, v. 6, n. 2, p. 264-271, 2009.

CARDELLO, H. M. A. B.; FARIA, J. B. Análise tempo-intensidade de características sensoriais de cachaça de cana durante o envelhecimento em tonel de carvalho (*Quercus sp.*). **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 33, n. 1, p. 27-34, 1999.

CARDELLO, H. M. A. B.; FARIA, J. B. Modificações físico-químicas e sensoriais de cachaça de cana durante o envelhecimento em tonel de carvalho (*Quercus alba L.*). **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, Campinas, v. 15, n. 2, p. 87-100, 1997.

CARDOSO, D. R. *et al.* Influência do material do destilador na composição química das aguardentes de cana. Parte II. **Química Nova**, São Paulo, v. 26, n. 2, p. 165-169, 2003.

CARDOSO, M. G. **Produção de aguardente de cana-de-açúcar**. 3. ed. Lavras: UFLA, 2013. 340 p.

CARVALHO, R. A. *et al.* **Análise econômica da produção de acerola no município de Tomé-Açu, Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. 21 p.

CASSINI, C. E. B. **Produção de aguardente de cana de açúcar por células imobilizadas**. 2004. 143 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

CHAVES, J. B. P.; LIMA, F. Z.; LOPES, J. D. S. **Cachaça – Produção artesanal de qualidade**. 1. ed. Viçosa-MG: CPT/CEE – UFV, 2007.

CORRÊA, A. C. **Composição química e características sensoriais de cachaças monodestiladas produzidas com leveduras selecionadas e fermento natural**. 2020. 193 p. Tese de doutorado (Doutorado em Ciências) – USP, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2020.

CORTEZ, A. A. *et al.* **Implantação de sistema simplificado de abastecimento de água na comunidade sítio delgada**. Viçosa do Ceará: CPRM, 2007. 33 p.

CUENCA, M. A. G.; MANDARINO, D. C. **Novos rumos da atividade canavieira nos principais municípios produtores do estado do Ceará; 1990, 1995, 2000 e 2005**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2007. 16 p.

DELCOR, A. L. A. **Análise técnico-econômica de uma indústria cervejeira artesanal**. 2019. 118 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, 2019.

DUZZIONI, A. G. *et al.* Effect of drying kinetics on main bioactive compounds and antioxidant activity of acerola (*Malpighia emarginata* DC) residue. **International journal of food science & technology**, [S.l.], v. 48, n. 5, p. 1041-1047, 2013.

FRANCO, A. C. **Redestilação da cachaça**. 2008. 66 p. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos e Nutrição) – UNESP, Universidade Estadual Paulista, Araraquara-SP, 2008.

FREIRE, W. J.; CORTEZ, L. A. B. **Vinhaça de cana-de-açúcar**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 203 p.

GANDOLFI, H. E.; ARAGÃO, T. Z. B.; FIGUEIRÔA, S. F. M. Os alambiques no Brasil colônia: uma proposta de abordagem histórica e social no ensino de ciências. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 38, n. 3, p. 215-223, 2016.

GARCIA, G. **Tratamento de caldo e tipos de fermentos sobre os componentes secundários e qualidade da cachaça de alambique**. 2016. 72 p. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agropecuária) – UNESP, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal-SP, 2016.

GIACOMIN, J. H. **Estudo de viabilidade econômico-financeira de uma microcervejaria no estado de Santa Catarina**. 2008. Monografia (Graduação em Ciências Econômicas) – Universidade federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Pesquisa Industrial Anual (PIA)**: 2016. 35. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Pesquisa Industrial Anual (PIA)**: 2017. 36. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Pesquisa Industrial Anual (PIA)**: 2018. 37. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Agropecuário de 2006**. Rio de Janeiro: IBGE, 2006. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/2518>. Acesso em: 06 mar. 2021.

JOLY, A. B. **Botânica**: introdução à taxonomia vegetal. 6. ed. São Paulo: Nacional, 1983. 778p.

LEITÃO, M. F. F. Limpeza e desinfecção na indústria de alimentos. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 43, p. 1-35, 1975.

LELIEVELD, H.; MOSTERT, T.; HOLAH, J. **Handbook of hygiene control in the food industry**. 2. ed. Cambridge: CRC, 2005. 756 p.

LIMA, U. A. **Fabricação em pequenas destilarias**. Piracicaba: Fundação Estudos Agrários “Luiz de Queiroz”, 1999. 187 p.

MAIA, A. B.; RIBEIRO, J. C. G; SILVEIRA, L. C. I. **1º Curso AMPAQ de produção artesanal de aguardente de qualidade**. Belo Horizonte: AMPAQ, 1995. 106 p.

MARQUES, H. M. S. M. **Vinhoto da cana de açúcar: aproveitamento e impactos ambientais na região de Ibaiti/PR**. 2013. 26 p. Monografia (Especialização na Pós-graduação em Ensino de Ciências) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ibaiti, 2013.

MENEGHIM, M. C. *et al.* Boas práticas de fabricação e a melhora da qualidade na agricultura familiar: estudo de caso com pequenos produtores de cachaça. **Retratos de Assentamentos**, Araraquara, v. 20, n. 1, p. 207-231, 2017.

MESQUITA, D. N. Produção e consumo do destilado de cana-de-açúcar na cidade do Crato em meados do século XIX. **Embormal**, Fortaleza, v. 6, n. 12, p. 62-73, 2015.

MIRANDA, M. B. *et al.* Perfil físico-químico de aguardente durante envelhecimento em tonéis de carvalho. **Food Science and Technology**, [S.l.], v. 28, p. 84-89, 2008.

MONTEIRO, S. A. *et al.* Elaboração, caracterização microbiológica e avaliação sensorial de cookies produzidos a partir da farinha do bagaço de acerola (*Malpighia emarginata*). **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 9, n. 11, e1489119605, 2020.

MONTIJO, N. A. **Própolis na produção de cachaça orgânica de qualidade**. 2014. 73 p. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agropecuária) – Faculdade de Ciência Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2014.

MORADO, R. **Larousse da cerveja**. 1. ed. São Paulo: Lafonte, 2009. p. 357

MOSEDALE, J. R.; PUECH, J. L. Wood maturation of distilled beverages. **Trends in Food Science & Technology**, [S. l.], v. 9, n. 3, p. 95-101, 1998.

NAKASONE, H. Y.; PAULL, R. E. Other american tropical fruit: acerola. *In*: PAULL, R. E.; DUARTE, O. (org.). **Tropical fruits**. 2. ed. Wallingford: Cab International, 1998. p. 377-389.

NASCIMENTO, E. S. P; CARDOSO, D. R.; FRANCO, D. W. Comparison of esters determination techniques in cachaça. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 9, p. 2323-2327, 2009.

NÓBREGA, I. C. C. Análise dos compostos voláteis da aguardente de cana por concentração dinâmica do “headspace” e cromatografia gasosa-espectrometria de massas. **Food Science and Tencology**, Campinas, v. 23, n. 2, p. 210-216, 2003.

NOGUEIRA, A. M. P.; VENTURINI FILHO, W. G. **Aguardentes e cachaça**. Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas, 2013. 72 p.

NOGUEIRA, R. J. M. C. *et al.* Efeito do estágio de maturação dos frutos nas características físico-químicas de acerola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 4, p. 463-470, 2002.

NOVO, M. A. L. **Viagem ao mundo da cachaça**. 1. ed. São Paulo: New Book, 2011. 264 p.

PARENTE, A. H.; SILVA, E. A. B. Redução de efluentes líquidos na indústria alimentícia. **Revista Química & Tecnologia**, Pernambuco, n. 1, p. 58-67, 2002.

PATARO, C. *et al.* Utilização de leveduras selecionadas na fabricação da cachaça de alambique. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 23, n. 217, p. 37-43, 2002.

PINHEIRO, Á. D. T. **Viabilidade técnica e econômica da produção de etanol a partir do suco de caju por *Saccharomyces cerevisiae* floculante**. 2015. 182 p. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

PINTO, G.L. 1991. Fabricação de aguardente. **Informe Técnico**, Viçosa – MG: Universidade Federal de Viçosa, n. 57, 16 p, 1991.

PONTES, A. T. A. C. *et al.* Uso do ciclo fenológico da aceroleira para padronização do ponto de colheita mecanizada. *In*: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola-CONBEA. 15., 2015. São Pedro. **Anais [...]**. São Paulo: SBEA, 2015.

QUEIRÓZ, M. A.; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S. R. R. **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste brasileiro**. 1. ed. Petrolina: Embrapa Semi-Árido / Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1999. 1066 p.

RIBEIRO, J. C. G. M. **Fabricação artesanal da cachaça mineira**. 2. ed. Belo Horizonte: O Lutador, 2002. 223 p.

RICHARDSON, B. A.; ROSENTRATER, K. A. Techno-Economic Modeling of a Degummed Soybean Oil Biorefinery in 2005 & 2012. **ASABE Annual International Meeting**. Missouri, Kansas City, 2013.

RITZINGER, R.; RITZINGER C. H. S. P. Cultivo tropical de fruteiras. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 32, n. 264, p. 17-25, 2011a.

RITZINGER, R.; RITZINGER, C. H. S. P. Acerola. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 32. n. 264, p. 17-25, 2011b.

ROCHA, W. S. *et al.* Compostos fenólicos totais e taninos condensados em frutas nativas do cerrado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, São Paulo, v. 33, n. 4, p. 1215-1221, 2011.

SANTOS, F. A. *et al.* Potencial da palha de cana-de-açúcar para produção de etanol. **Química nova**, São Paulo, v. 35, n. 5, p. 1004-1010, 2012.

- SANTOS, K. O. *et al.* Obtenção de farinha com o resíduo da acerola (*Malpighia Glabra L.*). *In: Congresso de Pesquisa e Inovação da rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica. 5.*, 2010. Maceió. **Anais [...]**. Maceió: IFAL, 2010.
- SANTOS, L. A. *et al.* Mapeamento de processos: um estudo no ramo de serviços. **Iberoamerican Journal of Industrial Engineering**, Santa Catarina, v. 7, n. 14, p. 108-128, 2015.
- SCHMIDT, R. H. **Basic elements of equipment cleaning and sanitizing in food processing and handling operations**. Florida: Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, 1997. Disponível em: <https://edis.ifas.ufl.edu/pdf/FS/FS07700.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2021.
- SILVA, A. P. **Composição química de aguardente redestilada em função do grau alcoólico do flegma**. 2016. 66p. Dissertação (Mestrado em Ciência. Especialidade: Ciência e Tecnologia de Alimentos) – ESALQ/USP, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016.
- SILVA, J. S.; JESUS, J. C.; COUTO, S. M. **Produção de álcool na fazenda e em sistema cooperativo**. 1. ed. Viçosa: UFV, 2007. 168 p.
- SILVA, K. A. G. *et al.* Estudo da produção de aguardente de laranja em escala laboratorial. **Caderno Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 1, n. 1, 2011.
- SILVA, R. A. **Efeito do pré-tratamento ácido seguido de básico na hidrólise enzimática do bagaço de acerola**. 2014. 81 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – UFCG, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB, 2014.
- SINDUSCON-CE. Custos unitários básicos de construção (**NBR 12.721:2006 – Fevereiro/2021**). Disponível em: <http://www.cub.org.br/cub-m2-estadual/CE/>. Acesso em: 09 mar. 2021.
- SOARES, E. C. *et al.* Desidratação da polpa de acerola (*Malpighia emarginata DC*) pelo processo "foam-mat". **Food Science and Technology**, v. 21, n. 2, p. 164-170, 2001.
- SOUZA, D. F. **Manual Prático de Bar**. 1. ed. Brasília: Editora Salesiana Dom Bosco, 2001.
- SOUZA, L. E. S. **Projeto de uma indústria brasileira produtora de cachaça**. 2017. 149 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) – UTFPR, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Posadas – Misiones, 2017.
- SOUZA, L. M. *et al.* **Produção de cachaça de qualidade**. 1. ed. Piracicaba: ESALQ, 2013. 72 p.
- SOUZA, M. F. *et al.* Diagnóstico Ambiental da Produção de Aguardente no Centro-Oeste do Estado de Minas Gerais. *In: Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente. 16.*, 2014. Campinas, SP. **Anais [...]**. Campinas: ENGEMA / FEA-USP, 2014.

SOUZA, M. J. H. *et al.* Potencial agroclimático para a cultura da acerola no Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 2, p. 390-396, 2006.

SOUZA, R. L. Cachaça, vinho, cerveja: da Colônia ao século XX. **Revista Estudos Históricos**, Bela Vista, v. 1, n. 33, p. 56-75, 2004.

STUPIELLO, J. P. Produção de aguardente: qualidade da matéria-prima. *In*: MUTTON, M. J. R.; MUTTON, M. A. (org.). **Aguardente de cana produção e qualidade**. Jaboticabal: Funep, 1992. p. 9-21.

TERAMOTO, E. R. **Avaliação e aplicação de modelos de estimativa de produção de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) baseados em parâmetros do solo e do clima**. 2003. 96 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

TOPPA, E. V. B. *et al.* Aspectos da fisiologia de produção da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum L.*). **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Guarapuava, v. 3, n. 3, p. 215-221, 2010.

VILELA, A. F. **Estudo da adequação de critérios de boas práticas de fabricação na avaliação de fábricas de cachaça de alambique**. 2005. 96 p. Dissertação (Ciência de Alimentos) – Faculdade de Farmácia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

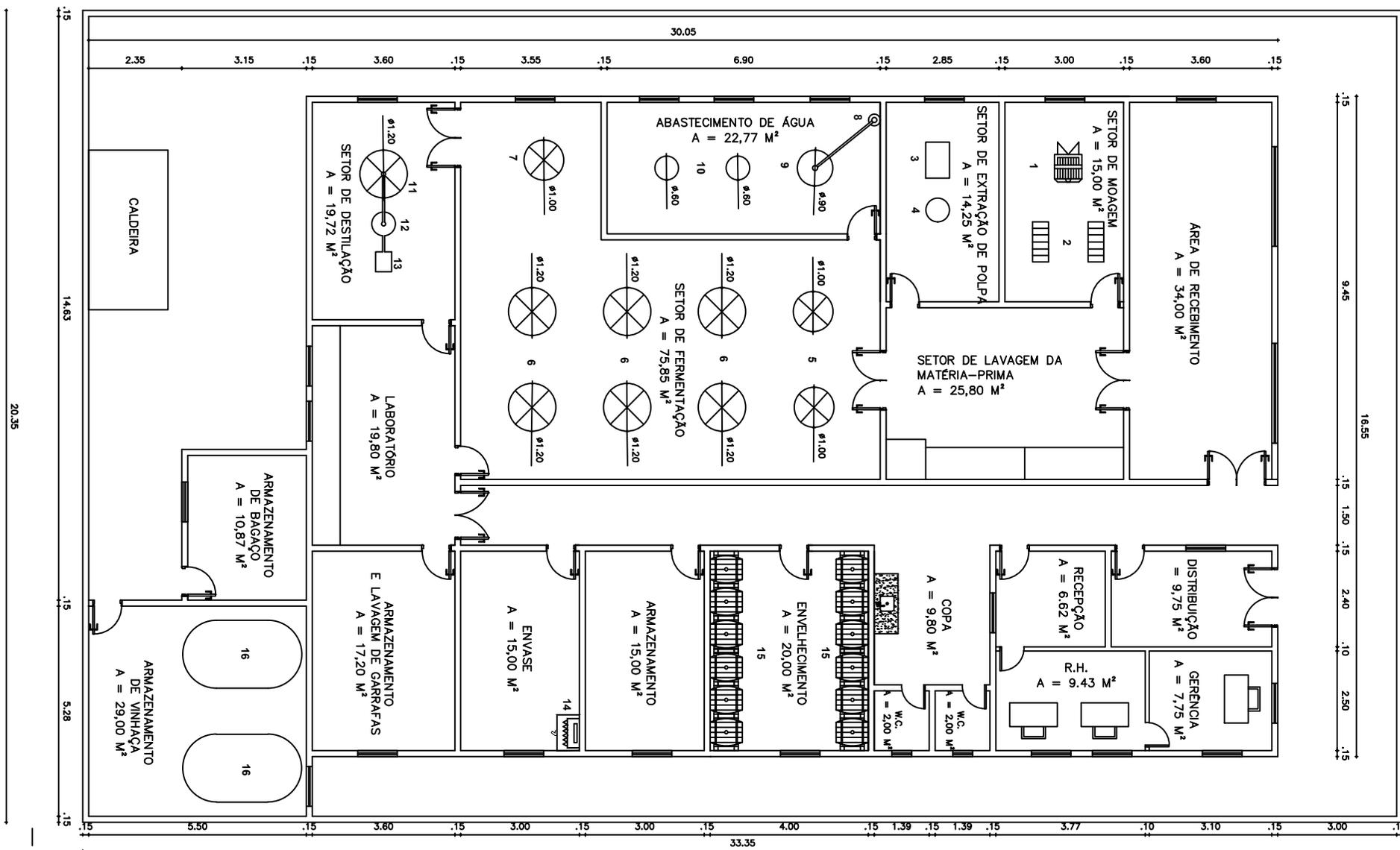
## **APÊNDICE A – LAYOUT DA FÁBRICA DE AGUARDENTE COMPOSTA**

O layout de produção é do tipo “U”, visando otimizar o espaço do galpão, a movimentação dos operadores e, conseqüentemente, a produtividade. O layout pode ser observado na página seguinte no sentido horizontal.

LEGENDA

- 1-MOENDA
- 2-TANQUE DE DECANTAÇÃO
- 3-DESPOLPADEIRA
- 4-TANQUE DE POLPA DE ACEROLA
- 5-DORNA DE PREPARO DE CALDO
- 6-DORNA DE FERMENTAÇÃO
- 7-DORNA VOLANTE
- 8-FILTRO DE ÁGUA COM CARVÃO ATIVADO
- 9-TANQUE DE ÁGUA POTÁVEL
- 10-TANQUE DE ÁGUA RESFRIADA
- 11-ALAMBIQUE DE COBRE
- 12-TANQUE DE ÁGUA RESFRIADA COM SERPENTINA
- 13-CAIXA DE RECEPÇÃO DA AGUARDENTE
- 14-ENVASADORA
- 15-BARRIS DE ENVELHECIMENTO
- 16-TANQUE DE ARMAZENAMENTO DE VINHAÇA

01 PLANTA BAIXA  
ESCALA 1/50



## APÊNDICE B – CÁLCULOS DO FLUXO DE CAIXA

	ANO 0	ANO 1	ANO 2	ANO 3	ANO 4	ANO 5	ANO 6	ANO 7	ANO 8	ANO 9	ANO 10
(+) Receita Bruta	R\$ 0,00	R\$ 1.832.125,00	R\$ 1.959.406,00								
<b>(-) Impostos e Deduções sobre Receita Bruta</b>	R\$ 0,00	-R\$ 202.532,68									
(=) Receita Líquida	R\$ 0,00	R\$ 1.629.592,32	R\$ 1.756.873,32								
<b>(-) Custos e Despesas</b>	R\$ 0,00	-R\$ 845.674,84									
(=) Lucro Operacional Antes de Juros, Imposto de Renda, Depreciação e Amortização (LAJIDA ou EBITDA)	R\$ 0,00	R\$ 783.917,48	R\$ 911.198,48								
<b>(-) Depreciação</b>	R\$ 0,00	-R\$ 27.912,14									
(=) Lucro Operacional Antes de Juros e Imposto de Renda (LAJIR ou EBIT)	R\$ 0,00	R\$ 756.005,34	R\$ 883.286,34								
<b>(-) Impostos Incidentes sobre Renda (Aliquota global do Simples nacional)</b>	R\$ 0,00	-R\$ 111.132,78	-R\$ 129.843,09								
(=) Lucro Operacional Líquido Depois do Imposto de Renda (LADIR ou NOPLAT)	R\$ 0,00	R\$ 644.872,55	R\$ 753.443,25								
<b>(+) Depreciação</b>	R\$ 0,00	R\$ 27.912,14									
(=) Fluxo de Caixa Operacional	R\$ 0,00	R\$ 672.784,69	R\$ 781.355,39								
<b>(-) Investimento em Ativos Permanentes</b>	-R\$ 650.782,32	R\$ 0,00									
<b>(-) Necessidade de Capital de Giro</b>	R\$ 0,00	-R\$ 35.899,57	R\$ 0,00								
<b>(=) Fluxo de Caixa Livre</b>	-R\$ 650.782,32	R\$ 636.885,12	R\$ 781.355,39								
(+) Financiamento tomado	R\$ 650.782,32						R\$ 0,00				
<b>(-) Amortização do Financiamento</b>		-R\$ 106.596,50	-R\$ 117.256,16	-R\$ 128.981,77	-R\$ 141.879,95	-R\$ 156.067,94	R\$ 0,00				
<b>(-) Juros do Financiamento</b>		-R\$ 65.078,23	-R\$ 54.418,58	-R\$ 42.692,97	-R\$ 29.794,79	-R\$ 15.606,79	R\$ 0,00				
(+) Benefício Fiscal do Imposto de Renda sobre Juros		R\$ 9.566,50	R\$ 7.999,53	R\$ 6.275,87	R\$ 4.379,83	R\$ 2.294,20	R\$ 0,00				
(=) Fluxo de Caixa com Financiamento	-R\$ 650.782,32	R\$ 474.776,89	R\$ 617.680,18	R\$ 615.956,52	R\$ 614.060,48	R\$ 611.974,85	R\$ 781.355,39				
(=) Valor presente	-R\$ 650.782,32	R\$ 431.615,35	R\$ 510.479,49	R\$ 462.777,25	R\$ 419.411,57	R\$ 379.988,23	R\$ 441.054,75	R\$ 400.958,86	R\$ 364.508,05	R\$ 331.370,96	R\$ 301.246,33
(=) Valor presente Acumulado	-R\$ 650.782,32	-R\$ 219.166,97	R\$ 291.312,52	R\$ 754.089,77	R\$ 1.173.501,34	R\$ 1.553.489,57	R\$ 1.994.544,32	R\$ 2.395.503,18	R\$ 2.760.011,23	R\$ 3.091.382,19	R\$ 3.392.628,52

Fonte: A autora.